

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XI Республиканской студенческой
научно-технической конференции

Минск
БНТУ
2010

УДК 669 (082)
ББК 34.3
Н 76

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Иваницкий Н.И., декан механико-технологического факультета, канд.техн.наук., доцент;

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Белявин К. Е., д-р.физ.наук., профессор;
Пантелеенко Ф.И., д-р.техн.наук., профессор;
Константинов В.М., д-р.техн.наук., доцент;
Кукуй Д.М., д-р.техн.наук., профессор;
Неменюк Б.М., д-р.техн.наук., профессор;
Лазаренков А.М., д-р.техн.наук., профессор;
Яглов В.Н., д-р.хим.наук., профессор;
Трусова И.А., д-р.техн.наук., профессор;
Алексеев Ю.Г., канд.техн.наук., в.н.с.;
Слуцкий А.Г., канд.техн.наук., с.н.с..

РАБОЧАЯ ГРУППА

Ложечников Е.Б., д-р.техн.наук., профессор;
Рафальский И.В., канд.техн.наук., доцент;
Хренов О.В., канд.техн.наук., доцент;
Вейник В.А., старший преподаватель;
Одиночко В.Ф., канд.техн.наук., доцент;
Науменко А.М., канд.техн.наук., доцент;
Проворова И.Б., старший преподаватель;
Ратников П.Э., канд.техн.наук., доцент.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Арабей А. В.

В настоящий сборник включены материалы докладов XI Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки», участники которой выступали по следующим направлениям: «Литейное производство черных и цветных металлов», «Материаловедение в машиностроении», «Машины и технология литейного производства», «Машины и технология обработки металлов давлением», «Металлургические процессы», «Охрана труда и промышленная безопасность», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Химические технологии».

Литейное производство черных и цветных металлов

Студенты гр.104126 Козлова О.Е., Вольский Е.А.
 Научный руководитель – Немененок Б.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является анализ влияния технологии плавки алюминиевых сплавов на состав и количество пылегазовых выбросов.

Анализ плавильного оборудования цветнолитейного производства показывает, что наряду с индукционными печами для плавки литейных сплавов широко используются отражательные пламенные и электрические печи. Большое количество применяемых алюминиевых литейных сплавов, видов плавильных агрегатов и типов технологических процессов обуславливает широкое разнообразие вредных выбросов в атмосферу плавильных отделений цветнолитейных цехов.

При производстве отливок из сплавов цветных металлов используются вещества и реагенты, которые в исходном состоянии обладают токсичными свойствами по отношению к человеку и окружающей среде. Наиболее часто встречающимися токсичными выделениями при производстве алюминиевого литья являются пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. При полном сгорании органического топлива в дымовых газах образуются CO_2 , H_2O , N_2 , SO_2 и SO_3 , а в ядре факела горелок при высоких температурах происходит частичное окисление азота топлива и воздуха с образованием NO и NO_2 . Для приготовления сплавов, особенно сложнелегированных, используются легкоокисляемые металлы, такие как Mg , Zn , Ti и другие. Во время плавления шихтовых материалов происходит интенсивное капельное окисление, испарение и унос с потоком отходящих газов оксидов металла. Для получения расплава требуемого качества применяются различные рафинирующие вещества (гексахлорэтан, флюсы, хлориды и фториды), которые при взаимодействии с металлами образуют вещества, легко уносимые дымовыми газами. Особенно осложняется ситуация при расположении цветнолитейных цехов непосредственно в городской черте, так как требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе населённых пунктов постоянно ужесточаются и для их соблюдения существующие способы очистки становятся экономически неоправданными. Вместе с тем, в современной технической литературе отсутствуют систематизированные данные по количеству и составу выделений, образующихся при плавке и рафинировании литейных алюминиевых сплавов, что затрудняет не только их оценку, но и разработку методов очистки и сокращения объёмов путём изменения технологических процессов.

Для оценки интенсивности пылегазообразования, состава и свойств вредных выбросов, были исследованы выделения пыли и газов от различных плавильных печей, характеристики которых приведены в таблице 1.

Замеры запылённости и содержания хлоридов проводили в объёме печи в периоды загрузки, расплавления шихты и рафинирования. На основании полученных данных оценивали зависимости изменения запылённости газов и удельных выбросов при расплавлении шихты и рафинировании расплава. Удельные выбросы рассчитывали исходя из количества отходящих газов и запылённости газового потока, а также производительности плавильного агрегата. Данные по удельным выбросам приведены в таблицах 2-4.

Таблица 1 - Общая характеристика обследованных плавильных агрегатов

Тип печи	Марка печи	Ёмкость, т	Производительность, т/час	Удельный расход электроэнергии, кВт час/т	Расход топлива (природного газа), м ³ /т
Пламенные отражательные	AR 60000	27,0	5,0	-	60
	AR 40000	18,0	-	-	55
Электрические отражательные	САН-2,5	2,5	0,5	550	-
	САН-2	2,0	0,3	600	-
Электрические индукционные	ИАТ-2,5	2,5	1,25	595	-
	ИАТ-6	6,0	1,95	550	-

Таблица 2 – Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке в газовых пламенных печах и в процессе рафинирования 0,03%С₂Сl₆

Наименование агрегата	Объём выбрасываемых газов, м ³ /ч	Запылённость газов, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Удельные выбросы при плавке, кг/ч		Удельные выбросы на 1 тонну жидкого металла, кг	
				пыль	хлориды	пыль	хлориды
Печь AR60000	25000	0,02	-	0,5	-	0,1	-
Печь 40000	20000	0,02	-	0,4	-	0,08	-
Стенд	40000	0,29	8	-	-	0,3	0,01
Итого:						0,48	0,01

Таблица 3 – Удельные выбросы, образующиеся при плавке в печи САН-2,5 и рафинировании 0,05 %ZnCl₂

Расход газа, м ³ /час	Средняя запылённость при загрузке и плавлении, г/м ³	Средняя запылённость при рафинировании, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Удельные выбросы на тонну жидкого металла, кг/т		
				Пыль при загрузке и плавлении	При рафинировании	
					Пыль	Хлориды
13400	0,03	0,91	7	0,9	1,82	0,01

Таблица 4 – Удельные выбросы при плавке сплава АК9 в индукционных печах и рафинировании 0,05% С₂Сl₆

Наименование агрегата	Наименование операции	Расход газов, м ³ /ч	Запылённость газов, г/м ³	Состав газов			Удельные выбросы на 1т жидкого металла, кг			
				Углеводороды нефти, мг/м ³	СО ₂ , мг/м ³	Хлориды, мг/м ³	пыль	Углеводороды нефти	СО	Хлориды
ИАТ-2,5	Загрузка	8500	0,17	-	-	-	1,45	-	-	-
	Рафинирование	8500	0,35	-	-	25	0,15	-	-	0,005
ИАТ-6	Загрузка	4600	0,4	150	20	-	1,28	0,51	0,077	-
	Рафинирование	4600	7,8	-	-	20	0,23	-	-	0,002

Анализ приведенных данных показывает, что основная масса загрязняющих веществ образуется в процессе рафинирующей обработки или при завалке шихты на жидкий остаток металла.

УДК 669.1:662.654

Использование металлургических агрегатов для утилизации промышленных отходов

Студент гр.104116 Петрович В.В.
 Научный руководитель – Немененок Б.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Мировая практика показала, что основная масса всех образующихся техногенных отходов не может быть переработана (утилизирована) на тех предприятиях, где эти отходы образуются. Все большее распространение получает практика использования отходов смежных отраслей. При решении этой проблемы осо-

бая роль отводится черной металлургии. Все большее распространение получает мнение, что предприятия черной металлургии в состоянии утилизировать (с высокой степенью эффективности) подавляющее большинство отходов самых разных отраслей, включая даже бытовые отходы.

Комплекс современных предприятий черной металлургии включает перечень агрегатов и производств с полным набором возможных технологических характеристик: 1) возможность создавать низкие, высокие, очень высокие температуры; 2) возможность поддерживать окислительную, нейтральную, восстановительную атмосферу; 3) диапазон давлений от 1 МПа и более (от 10 ат и более) до технического вакуума; 4) полный набор оборудования для помола, измельчения, дробления материалов; 5) полный набор оборудования для сушки и нагрева материалов в разных агрегатах, в том числе в таких энергоэкономных, как шахтные печи; 6) полный набор оборудования для улавливания всевозможных выделений и очистки выделяющихся газов (что важно при обработке отходов).

В металлургической практике большую роль по переработке отходов играет их добавление в шихту. Этот прием используется практически на всех звеньях технологической цепочки: агломерационная установка — доменная печь — сталеплавильный агрегат. Это лучший вариант использования отходов. Однако он может быть применен только тогда, когда это экономически и технологически оправданно.

Если рассматривать переработку промышленных отходов в отдельных металлургических агрегатах, то доменная печь практически идеально приспособлена для этого. Это определяется следующим:

- наличием в горне печи высокотемпературной зоны с окислительным потенциалом газовой фазы и температурами 2000-2400 °С, что обеспечивает практически полное сгорание всех горючих составляющих отходов;
- наличием восстановительной атмосферы, что препятствует образованию оксидов азота;
- наличием многометрового, достаточно плотного слоя твердой шихты, который затрудняет интенсивный вынос твердых частиц, как бы «процеживая» поднимающиеся вверх газы;
- наличием высокой (30 м и более) шахты, что обеспечивает почти полную утилизацию в самой шахте тепла отходящих газов (температура отходящих из печи газов всего 100-200 °С при температуре газов в горне 2000° С и более);
- высокой производительностью современных крупных доменных печей. При годовой производительности одной доменной печи 3,5 млн. т чугуна введение в шихту 5 % отходов позволяет перерабатывать ежегодно более 150 тыс. т отходов на одной печи.

В настоящее время во многих странах ведутся исследования в опытно-промышленных масштабах по переработке в них ряда отходов химических производств, отходов пластмасс, отработавших свой срок автомобильных покрышек, замасленной окалины и т. п., вплоть до переработки твердых бытовых отходов. Например, в ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» утилизируется более 95% отходов.

Таблица 1 – Химический состав отходов ОАО ЗСМК, %

Материал	Fe _{общ}	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	MgO	CaO	S	P
Окалина:									
Газорезательная машина	65,6	56,2	1,76	0,56	0,89	2,12	1,77	0,021	0,011
Плазморезательная машина	65,8	53,8	1,58	0,39	0,72	2,98	1,65	0,012	0,013
Кузнечно-прессовый цех	60,3	45,7	2,16	2,52	0,86	2,78	2,32	0,04	0,03
Шлак ЛЦ	57,6	45,1	2,98	3,12	2,44	4,12	3,96	0,05	0,05

На данном комбинате для улучшения работы горна и газопроницаемости нижней части доменной печи кусковые отходы подавали в количестве 0,3-2,5% от общего расхода железной части шихты. Отходы отличались повышенной концентрацией железа (до 70 %) в виде монооксида (до 57%), низким содержанием вредных примесей, хорошей восстановимостью (около 50%), основностью по CaO/SiO₂ (0,2-0,4) и крупностью (5-100мм). Промышленные исследования на печи свидетельствуют об улучшении основных технико-экономических показателей плавки, в частности об увеличении производительности за счет выравнивания хода печи и сокращения удельного расхода кокса. Благодаря загрузке кусковых отходов крупностью 5-100 мм, с повышенной механической прочностью (800 - 1300 МПа) и с содержанием монооксида железа 45 – 55 % в центральную зону печи улучшились газодинамический режим плавки (снизилась газодинамическая напряженность низа печи) и работа горна.

Также большой проблемой является утилизация. Компания «Миттал Стил Темиртау» провела опыты по внедрению угольного шлама на различных ТЭЦ в качестве топлива и вместе с углем. При испытаниях на Карагандинской ТЭЦ-3 были отмечены более высокая теплота сгорания и реакционная способность угольного шлама по сравнению с экибастузским углем, что обеспечивает устойчивое его горение в топке котла.

Повышенное содержание железа в шламах от газоочисток доменных печей и конвертеров АО "Миттал Стил Темиртау" (до 60 %) и стремление к созданию безотходной технологии делают очевидным целесообразность их утилизации. Между тем широкое использование шламов сдерживается повышенным содержанием в них цинка, попадающего в печи с шихтой. Повышенная концентрация цинка в шламе ведет к разрушению кладки футеровки, большому расходу кокса и увеличению содержания цинка в чугуна. Идеальным решением проблемы утилизации шламов является создание системы их рециклинга, но использование шламов в СНГ остается низким из-за отсутствия рентабельных, эффективных и отработанных в промышленном масштабе технологий их подготовки, в том числе обесцинкования, обезвоживания, окомкования и сушки.

Полное же вовлечение в производство доменных и конвертерных шламов в таких странах, как Германия и Япония, видимо, связано не только с разработкой эффективной технологии обесцинкования, но и с высокими экологическими требованиями. В этих странах наибольшее распространение получили пирометаллургические методы, сочетающие процессы восстановления соединений цинка с возгонкой восстановленного цинка и получением на основе железа металлизированного продукта.

Установлено, что доменный шлак (если не принимать во внимание избыточный цинк) в количестве 80 кг/т агломерата в целом положительно влияет на качество агломерата. Добавка конвертерного шлама в количестве менее 40 кг/т улучшает спекание. Увеличение доли доменного шлама снижает индекс прочности на истирание и удар на 18,7 и 1,2 % соответственно и увеличивает расход кокса на 1 %. Поэтому для утилизации в аглопроизводстве доменного шлама (при отсутствии в нем избыточного цинка) нет затруднений.

Широко используются в сталеплавильном производстве такие отходы, как шлак производства вторичного алюминия, который содержит, %: Al_2O_3 50-70; SiO_2 до 8; CaO 4-6; FeO 6-8; $(K_2O + Na_2O)$ 2-4. В случае присадки такого шлака имеют место: а) кратковременное снижение скорости обезуглероживания вследствие раскисления сталеплавильного шлака алюминием по реакции $3(FeO) + 2Al = (Al_2O_3) + 3Fe$; б) нагрев шлака, так как окисление алюминия сопровождается выделением тепла; в) снижение температуры плавления шлака и повышение его жидкоподвижности вследствие влияния Al_2O_3 ; г) ускорение усвоения шлаком извести вследствие повышения температуры шлака и снижения его вязкости, что сопровождается улучшением условий десульфурации.

В зарубежных странах разрабатывается большое количество методов по утилизации угольной мелочи. Она может быть реализована процессом REDS MELT (от англ. REDuction + SMELTing — восстановление + плавление), разработанным фирмой Mannesmann Demag (Германия).

Процесс проводится в двух агрегатах: на первой стадии в огромные роторные печи (диаметром до 60 м) загружают железорудно-угольные окатыши с целью их металлизации до

85 %; затем металлизированные окатыши поступают в электропечь, где получают полупродукт, содержащий, %: C 2-4; Si до 0,3; S менее 0,05.

При двух роторных печах и одной электропечи мощностью 60-65 МВт производительность комплекса около 1 млн.т полупродукта (синтетического чугуна) в год стоимостью 90-130долл./т. Далее полученный полупродукт используют в качестве ме-таллошихты.

Определенное распространение получает способ совместной переработки оксидных железосодержащих отходов, доменной и сталеплавильной пыли, угольной мелочи и коксика. Процесс восстановления осуществляют в печи с вращающимся подом. Полученный продукт со степенью металлизации 85-92 % и содержанием 2-4 % C в виде окатышей или брикетов используют в шихте металлургических агрегатов. Разработавшие этот способ американские и японские фирмы назвали его FASTMELT-процессом. Получаемый при этом синтетический чугун, названный FASTIRON, содержит, %: C 3,0-5,0; Si 0,2-0,5; Mn 0,8-1,2; S<0,05; P<0,05. Такой материал может считаться чистой металлошихтой, содержащей мало примесей цветных металлов.

Стоит отметить утилизацию в металлургических агрегатах не только таких привычных отходов, как углеродная пыль предприятий по производству электродов, но и таких «экзотических» отходов как катализаторы, применяемые в нефтехимической промышленности. Такие катализаторы содержат до 20% триоксида молибдена, до 6% оксида никеля и некоторые другие полезные компоненты. Использование такого материала (его можно вводить в завалку при выплавке стали соответствующих марок) весьма эффективно. Сейчас, например, автомобиль полностью подлежит переработке, что существенно улучшает экологическую ситуацию в мире. Страны СНГ должны перенимать опыт высокоразвитых стран по применению металлургических агрегатов для утилизации промышленных отходов.

Студентка гр.104126 Шестюк И.В.
Научный руководитель – Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Диагностика и контроль качества литых изделий представляет важнейший элемент в комплексной системе управления качеством литейной продукции (КС УКЛП), охватывая процессы контроля материалов, технологических процессов и готовой продукции. Неразрушающие методы контроля качества отливок акустическими методами обеспечивают возможность во многих случаях проводить сплошное обследование литейной продукции с минимальными затратами времени. Достоинства этих методов заключаются в том, что они позволяют обнаруживать как явные, так и скрытые дефекты в материалах, предотвращая появление брака в процессе производства, а также установку бракованных изделий в выпускаемую готовую продукцию.

В соответствии с принятой классификацией различают следующие группы дефектов отливок: несоответствие по геометрии; дефекты поверхности; несплошности в теле отливки; включения; несоответствие по структуре.

В зависимости от полноты охвата техническим контролем производимой продукции устанавливают следующие виды контроля: сплошной, выборочный, непрерывный, периодический, летучий. Для изделий ответственного назначения выборочный контроль отдельных изделий недостаточен, так как не позволяет полностью оценить качество продукции. Достаточно надежный результат дает только полный (100%-ный) контроль с применением современных методов неразрушающего контроля (НК). Использование НК позволяет повысить надежность и качество продукции, предотвращает аварии сложных агрегатов, обеспечивает значительный экономический эффект.

НК в зависимости от физических явлений, положенных в его основу, подразделяется на следующие виды: магнитный, электрический, вихрековый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, проникающими веществами, акустический. Из неразрушающих методов контроля наибольшее развитие получила акустическая дефектоскопия.

Акустические свойства изделий из металлов и сплавов в значительной степени определяются особенностями их структуры. Анализ этих свойств проводят после возбуждения акустических колебаний и измерения их частотно-амплитудных параметров. Акустические колебания возбуждаются либо путем механического воздействия на объект исследования либо с помощью пьезоэлектрического преобразователя сухим контактным, контактным через жидкую среду или бесконтактным способом через воздушный зазор с помощью электромагнитно-акустического преобразователя. С помощью акустических методов измеряют толщины стенок изделий, выявляют разнообразные дефекты и неоднородности структуры, определяют геометрические характеристики изделий.

Акустические методы широко применяют в НК благодаря ряду их преимуществ перед другими видами НК: акустические колебания легко возбуждаются в контролируемых изделиях; хорошо распространяются в металлах и сплавах; эффективны при выявлении дефектов с малым раскрытием, чувствительны к изменению структуры и физико-механических свойств материалов, не представляют опасности для персонала.

Известно много акустических методов неразрушающего контроля, некоторые применяются в нескольких вариантах. Их делят на две большие группы – активные и пассивные методы. Активные методы основаны на излучении и последующем приеме отраженных или прошедших упругих волн, пассивные – только на приеме волн, источником которых служит сам контролируемый объект.

В настоящей работе был проведен анализ зависимостей затухающих акустических колебаний отливок из алюминиевых сплавов от характеристик их структуры. Для снятия акустических характеристик была отобрана партия типовых производственных отливок из алюминиевого сплава АК5М2. Акустические характеристики обрабатывали в электронной форме в виде массивов значений свободных затухающих акустических колебаний возбужденного образца, полученную за определённый период времени, путём оцифровывания сигналов датчика акустических колебаний, установленного на поверхность возбужденного образца или на небольшом расстоянии от неё.

Функциональная схема стенда для получения акустических характеристик литых образцов представлена на рисунке 1.

Акустические колебания, возбужденные в образце 1, поступают в датчик 2, в котором преобразуются в пропорциональный электрический сигнал. Электрический сигнал поступает в измерительный блок 3, в котором преобразуется в цифровой код. Цифровой код поступает в персональный компьютер 4.

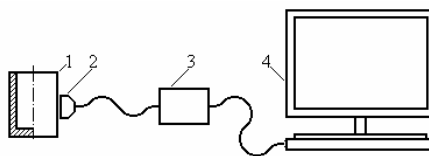


Рисунок 1- Стенд для получения акустических характеристик литых образцов. Схема функциональная. 1 – образец; 2 – датчик акустических колебаний; 3 – измерительный блок; 4 – персональный компьютер

На первом этапе исследования проводилась запись акустических колебаний, полученных внешним воздействием по телу отливки. Спектр звучания отливки обрабатывался в диапазоне частот от 3000 до 7000 Гц и на каждой части спектра находился максимум значений амплитуды звучания. При этом определяли максимальные значения частот акустических колебаний отливок в исходном (литом) состоянии и после проведения термической обработки (выдержка в печи – 4 часа при температуре 525°С с последующим охлаждением в воде).

В результате проведенного анализа были выделены спектры частот акустических колебаний, обеспечивающие идентификацию отливок из алюминиевого сплава марки АК5М2 после термической обработки.

УДК 669.715

Анализ способов рафинирования алюминиевых расплавов инертными газами

Студент гр. 104126 Вольский Е.А.
 Научный руководитель – Немененок Б.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

При производстве алюминиевых сплавов на всех стадиях процесса происходит насыщение расплава водородом и неметаллическими включениями. Металлографические исследования показывают, что большая часть твёрдых неметаллических включений в алюминиевых сплавах представлена оксидами алюминия различных модификаций глинозёма размером до 80 мкм, частицами оксида магния и карбида алюминия размерами до 20 мкм, различных нитридов размером порядка 10 мкм и др.

Несмотря на множество способов снижения содержания водорода в расплаве, лишь некоторые находят применение на практике. Наилучшим способом очистки расплава от растворённого водорода и неметаллических включений считается отстаивание в вакууме, в том числе с одновременной продувкой инертными газами, но данный способ очень дорог в условиях массового производства, и поэтому он не нашел широкого применения.

Обработка расплава газообразным хлором или его смесью с инертным газом негативно сказывается на здоровье людей и состоянии окружающей среды, поэтому применение данного способа очень ограничено, несмотря на то, что он позволяет получить металл с высокой степенью очистки от водорода и неметаллических включений. Основополагающими факторами процесса рафинирования металла газами (газовыми смесями) являются размер, количество и распределение внутри расплава газовых пузырьков. Размер пузырька определяет величину площади контакта на границе газ-примесь, от которой зависят коэффициент использования рафинирующего газа и эффективность процесса. В зависимости от способа введения газа в расплав размер эффективной поверхности можно увеличить в десятки раз, уменьшая размер газовых пузырьков и не изменяя объёма вдуваемого газа. Пузырьковый режим эффективнее струйного при введении газа в расплав. Количество газа, продуваемого через расплав в струйном или пузырьковом режиме, также влияет на эффект дегазации, так как от него зависят всё та же площадь контактной поверхности и распределение газа в объёме расплава. Не все способы дегазации позволяют менять объём подаваемого газа без потери эффективности процесса. Регулирование степени дисперсности пузырьков газа, вдуваемого в расплав, при установке требуемых режимов очистки - одно из неоспоримых преимуществ процессов роторной дегазации.

Бурление на границе расплав-атмосфера, происходящее при дегазации, приводит, во-первых, к активному окислению металла с замешиванием в расплав оксидных плен и, во-вторых, к повторному насыщению водородом. Применением выносной камеры с герметичной крышкой, внутренним пространством, заполненным инертным газом, и системами подачи-отвода металла облегчает дегазацию расплава.

Принцип действия данной системы основан на подаче в ванну (определённой вместимости и геометрии), заполненную расплавом металла, инертного газа (смеси) через быстро вращающийся ротор специальной конструкции. За счёт высокой скорости вращения вокруг ротора создаётся слой расплава активно пере-

мешиваемого и насыщенного газом, причём высокая скорость вращения ротора позволяет получить размер пузырька в расплаве <1 мм.

Данные полученные при применении этого метода, указывают на высокую эффективность данного способа очистки расплава от неметаллических включений и водорода. Анализ содержания неметаллических включений в расплаве показал, что при применении аргона эффективность очистки составляет от 60 до 76% в зависимости от исходной концентрации примесей. Эффективность очистки расплава от водорода составила от 67 до 78% при различных его (водорода) концентрациях.

Поскольку при уменьшении диаметра пузырька в 8 раз суммарная поверхность такого же количества пузырьков увеличивается в 64 раза, особенно важна способность роторного импеллера создавать вихрь мельчайших пузырьков. Эффективность дегазации достигается значительно меньшим размером и большим количеством пузырьков рабочего газа, распыляемого по объёму рафинируемого расплава. Установка обеспечивает большую скорость дегазации, чем при существующих способах продувки. Так, продувка рабочего газа через трубку даёт минимальную эффективность дегазации. Продувка через пористый насадок обеспечивает достаточно глубокую дегазацию, но за время примерно в 5 раз большее чем при дегазации через роторный импеллер.

На основе анализа литературных данных установлено:

1) Струйная дегазация в ванне печи - малоэффективна для большинства силуминов, а при содержании в сплаве магния более 1%(мас.) нежелательна и вредна без использования дополнительных мер по защите поверхности расплава.

2) Продувка расплава газом через пористые насадки (камни) в потоке металла имеет эффективность не более 20% (отн.). Кроме того, повышенное шлакообразование требует последующей двух- или трёх- стадийной фильтрации.

3) Эффективность продувки расплава газом через пористые насадки (камни) в выносной ванне во время слива металла выше, чем при продувке в потоке, но обеспечивает не более 30% очистки.

4) Эффективность очистки порядка 60% даёт продувка через вращающееся сопло с большой частотой (до 700 мин-1) в герметичной выносной камере. Избыточное давление инертного газа над расплавом позволяет вести процесс с малым образованием шлака, что положительно сказывается на чистоте металла.

УДК 669.2:621.746

Использование САПР для оптимизации работы прибылей стальной отливки

Студент гр.104125 Максимик М.Ю.

Научные руководители – Розум В.А., Бежок А.П.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

При разработке технологии литейной формы для стальных отливок необходимо учесть большое количество факторов, влияющих на получение плотной, без усадочных дефектов отливки – правильно выбрать положение отливки в форме для обеспечения направленного затвердевания, определить количество, место установки прибылей, рассчитать их радиус действия, определить модуль отливки либо теплового узла и прибыли, объем прибыли, геометрию литниковой системы. При этом следует учитывать, чтобы объем металла в прибыли обеспечивал компенсацию усадочной раковины, образующейся при затвердевании отливки, и сама прибыль затвердевала в последнюю очередь.

Существующие методы расчета прибылей основаны на экспериментально полученных зависимостях различных параметров затвердевания и позволяют достаточно точно определять их размеры. Однако при расчете сложных по конфигурации отливок достаточно сложно точно определить параметры расчета. Не имея общей картины роста твердой фазы в отливке во время кристаллизации жидкой фазы трудно предположить возможность формирования дефектов в различных ее частях и, следовательно, подобрать оптимальную конструкцию прибыли и всей литниковой системы.

Отработка технологии литейной формы проводилась в условиях ОАО «Белоозерский энергомеханический завод» при изготовлении отливки «Било» из стали 110Г13Л. Данная отливка работает в жестких условиях ударно-абразивного износа и, соответственно, не должна иметь раковин и усадочной пористости.

Была проанализирована заводская технология получения отливки и выданы рекомендации по изменению размера прибылей. Опытные заливки металла показали, что увеличение размеров прибыли приводило к формированию усадочных раковин в объеме отливки. С целью оптимизации конструкции ЛПС была создана трехмерная модель отливки и ЛПС и промоделирован процесс заливки и кристаллизации отливки в системе анализа.

Результаты компьютерного моделирования показали, что для всех трех вариантов размеров прибыли возможно образование усадочных раковин в теле отливки, причиной которого является быстрое перемерза-

ние шейки прибыли, в то время когда в теле отливки и прибыли остаются зоны жидкой фазы. Устранение этого дефекта возможно за счет увеличения объема прибыли и площади поперечного сечения шейки прибыли. Однако оба эти варианта не приемлемы для данных условий. Увеличение объема прибыли резко снижает выход годного литья, а увеличение размера шейки затрудняет обрубку отливок, что скажется в конечном счете на их стоимости.

Решение данной проблемы заключается в использовании экзотермических вставок для повышения коэффициента полезного действия прибыли.

УДК 669.715

Анализ влияния ультразвуковой обработки расплава на структуру и свойства алюминиевых сплавов

Студент гр. 104116 Крук Д.С.

Научный руководитель – Немененок Б.М.

Белорусский национальный технический университет

г.Минск

Обработку расплава алюминиевых сплавов ультразвуком применяют с целью рафинирования, измельчения структуры слитков и фасонных отливок, улучшения механических свойств деформированных полуфабрикатов, а также для получения недендритной структуры слитков. Этот вид воздействия следует отнести к новым и экологически чистым технологиям.

Как правило, понятие рафинирование включает в себя проведение двух самостоятельных операций – дегазации и тонкой фильтрации.

Ультразвуковая обработка (УЗО) расплава превосходит по степени удаления водорода один из самых эффективных методов дегазации - вакуумную обработку. После ультразвуковой дегазации расплава в отливках максимально уменьшается концентрация водорода, увеличивается плотность, снижается пористость и заметно повышаются механические свойства (табл. 1)

Таблица 1 - Промышленные методы дегазации расплава сплава АК9

Метод	H ₂ , см ³ /100 г	ρ, г/см ³	Балл пористости	σ _в , МПа	δ, %
Исходный расплав (без рафинирования)	0,35	2,660	4	200	3,8
Ультразвук	0,17	2,706	1-2	245	5,1
Вакуум	0,20	2,681	1-2	228	4,2
Аргон	0,26	2,667	2-3	233	4,0
Гексахлорэтан	0,30	2,665	2-3	212	4,5
Флюс	0,26	2,663	3-4	225	4,0

Природа интенсификации процесса дегазации расплава в поле ультразвука связана с возникновением и развитием за счет кавитации аномально быстрого диффузионного роста зародышей газовых пузырьков.

При ультразвуковой дегазации расплава алюминия и его сплавов, как правило, одновременно с пузырьковым удалением водорода идет очистка от твердых оксидных включений. Так, опыт применения ультразвуковой дегазации в фасонном литье точных отливок ответственного назначения показал, что обработанный ультразвуком расплав имеет заметно, более высокую подвижность (жидкотекучесть) и тем самым улучшает заполнение тонких каналов литейной формы (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние ультразвуковой дегазации расплава на жидкотекучесть (длина спирали, мм) промышленных литейных сплавов

Способ дегазации	Марка сплава		
	АК7ч	АК5М2	АЦР-1
Контрольный (без дегазации)	500	500	600
Путем продувки аргоном	550	600	660
Ультразвуковая	670	670	720

Анализ свойств слитков из сплава АК6 диаметром 460 мм после применения ультразвуковой дегазации показал заметное повышение механических свойств. Так, σ_b повысился с 160—183 МПа до 185—210 МПа, δ – с 4,8-6,4 до 6,5-9,5 %.

При прокатке листов из слитков сплава АД, обработанного ультразвуком, было получено подтверждение того, что наряду с процессом дегазации происходит очистка металла от неметаллических включений.

Среди простых и надежных методов фильтрации алюминиевых сплавов самое широкое применение нашли сетчатые фильтры, изготовленные из бесщелочного алюмоборосиликатного стекла. Однако применение достаточно грубых фильтров из стеклоткани с ячейкой 1x1 мм не позволяет очистить расплав от дисперсных включений, а использование более тонких фильтров с ячейкой 0.4x0.4 мм и переход на многослойные фильтры лимитируется возможностью прохождения расплава через капиллярные каналы фильтра. Ситуация коренным образом меняется, если перед поверхностью многослойного фильтра создать кавитационное поле и использовать так называемый звукокапиллярный эффект. Этот эффект состоит в снятии за счет действия кавитации при УЗО капиллярных ограничений и аномально глубоком проникновении расплава в тонкие капилляры. В результате снижается поверхностное натяжение, улучшается смачиваемость расплавом материала фильтра и облегчается свободное проникновение расплава через капиллярный лабиринт фильтра. Технология получила название УЗФИРАЛС-процесс, то есть ультразвуковая фильтрация лёгких сплавов.

При УЗО расплав спокойно проходит через лабиринт капиллярных каналов многослойного сетчатого фильтра, а дисперсные частицы оксидов последовательно осаждаются на поверхности фильтра и стенках капилляров.

Исследования показывают, что, наряду с фильтрацией, УЗФИРАЛС-процесс позволяет провести и эффективную дегазацию расплава. После фильтрации через 3-5 слоев фильтра число включений по технологической пробе Добаткина снижается на два порядка, а концентрация водорода уменьшается вдвое. Это приводит к существенному повышению усталостной долговечности горячепрессованных полуфабрикатов.

Известно, что обычно в слитках и отливках из цветных и черных металлов формируется дендритная структура. Исследования показали, что при ультразвуковой обработке (УЗО) в режиме кавитации и комплексном модифицировании возможно получение принципиально новой структуры недендритного типа. Если УЗО в режиме кавитации многократно увеличивает число зародышей кристаллизации перед фронтом затвердевания, то точно так же, как и размеры дендритного параметра, в зависимости от скорости охлаждения расплава, при кристаллизации будут меняться размеры предельно измельченных недендритных зерен.

Преимущество недендритной структуры состоит главным образом в повышении пластичности металла в литом состоянии без потери его прочности, что означает, прежде всего, способность противостоять растрескиванию. Переход на недендритную кристаллизацию с УЗО позволяет повысить почти в два раза относительное удлинение отожженного крупногабаритного слитка. Повышенная пластичность литого металла с недендритной структурой сохраняется не только при комнатной температуре горячей деформации и, что особенно ценно, наследуется в деформируемом металле независимо от схемы горячей деформации.

Другим существенным преимуществом литого металла с предельно измельченной недендритной структурой является возможность значительно (в 2-3 раза) снизить продолжительность гомогенизирующего отжига слитков перед пластической деформацией без потери пластичности (табл. 3). Предельно измельченные зерна и увеличение межфазных поверхностей раздела между зёрнами ускоряют диффузию и тем самым снижают продолжительность процесса гомогенизации литого металла.

Ударная вязкость слитка с недендритной структурой также более чем в 2 раза превышает ударную вязкость слитка с дендритной структурой в интервале температур горячей деформации.

Таблица 3 - Влияние недендритной структуры слитка сплавов типа 1973 (7050) на снижение длительности гомогенизации

t, ч	δ , %, в интервале температур горячей деформации (350 – 400 °С) в зависимости от типа структуры	
	недендритная	дендритная
6	75-80	60-65
16	75-80	60-65
32	≥ 80	7-75

Таким образом, УЗО расплава оказывает комплексное воздействие на структуру и механические свойства литых заготовок.

Студент гр. 104126 Шахлович И.Г.
 Научный руководитель – Задруцкий С.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

С целью модифицирования зерна алюминия и зерна α - твердого раствора кремния в алюминии, достаточно широко применяются солевые системы, содержащие гексафторцирконит дикалия, гексафтортитанат дикалия, тетраборат калия (K_2ZrF_6 , K_2TiF_6 , KBF_4). Их модифицирующее действие основано на образовании в расплаве алюминидов титана, алюминидов циркония и диборидов титана, являющихся подложками для кристаллизации первичного зерна алюминия и его α -твердого раствора. Представляло интерес изучение влияния добавок указанных солей на пористость сплава.

Исследование влияния добавок K_2ZrF_6 и KBF_4 на газовую пористость проводилось на сплаве АК5М2. Указанные соли в таблетированном виде в количестве 0,05% от массы жидкого металла вводились в расплав при помощи погружного колокольчика при температуре 750 °С. Обработка проводилась в печи типа САТ. Количество обрабатываемого расплава составляло 250 кг. В процессе обработки оценивались интенсивность и время бурления расплава, дымовыделение, наличие пироэффекта в шлаковой фазе, содержание алюминия в скачиваемом шлаке. После окончания разложения таблетки и десятиминутной изотермической выдержки расплава при 750 °С для удаления продуктов реакции из металла, проводилось скачивание шлака и заливка образцов на газовую пористость. Основные результаты экспериментов приведены в таблице.

Таблица 1 – Результаты обработки расплава K_2ZrF_6 и KBF_4

№	Соль	Добавка, % от массы расплава	Интенсивность бурления	Время бурления, мин.	Пироэффект в шлаковой фазе	Дымовыделение	Шлак	Содержание алюминия в шлаке, %	Балл пористости образцов	
									Исходный	После обработки
1	K_2ZrF_6	0,05	Высокое	1	нет	нет	Сухой, сыпучий	7	2	1
2	KBF_4	0,05	Очень высокое	7	Через 5 минут начинается бурление	нет	Сухой, сыпучий	10	2	3

Из таблицы видно, что наилучшей совокупностью рафинирующих и технологических свойств обладает K_2ZrF_6 , применение которого обеспечивает как значительное снижение газовой пористости, так и образование сухого, сыпучего, хорошо скачиваемого шлака при отсутствии пироэффекта в шлаковой фазе и дымовыделения в процессе обработки металла. Данную соль можно рекомендовать к использованию в качестве рафинирующего реагента, эффективно уменьшающего газовую пористость в отливках. Однако, для снижения интенсивности барботажа, в состав таблетированного препарата с K_2ZrF_6 целесообразно вводить «балластные» вещества, самым оптимальным из которых является гексафторалюминат натрия, который считается классическим рафинирующим реагентом. Таким образом, введение натриевого криолита в состав таблеток обеспечит дополнительный рафинирующий эффект.

Необходимо отметить значительное повышение газовой пористости в образцах, чрезмерную интенсивность и высокую длительность бурления при обработке расплава KBF_4 , что делает неприемлемым использование указанной соли для рафинирующей обработки расплава.

Дальнейшие исследования будут направлены на создание высокотехнологического рафинирующего таблетированного препарата обладающим высоким дегазирующим действием на основе гексафторалюмината натрия и гексафторцирконата калия.

УДК 669.715.018

Совершенствование состава рафинирующих препаратов на основе серы

Студенты гр. 104125 Полуян М.О., Зенько П.В., гр. 104126 Шахлович И.Г.
Научные руководители – Чайкина Н.В., Задруцкий С.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Несмотря на высокую токсичность процессов рафинирования расплавов на основе алюминия препаратами, содержащими серу и ее соединения, указанные материалы в таблетированном виде достаточно широко используются в настоящее время в современных литейных цехах, что связано с высокими технологичностью, эффективностью и экономичностью процесса. Необходимо так же отметить повышение жидкотекучести алюминиевых сплавов после обработки их серой, что, безусловно, позитивно сказывается на качестве отливок.

Однако, есть еще один существенный недостаток использования серы для обработки алюминиевых сплавов- образуется сметанообразный шлак с высоким (30...70%) содержанием алюминия в нем. В связи с выше сказанным была поставлена задача изучения возможности снижения содержания алюминия в шлаке, получаемом после обработки расплава серосодержащими таблетированными препаратами при сохранении высокой эффективности последних.

В качестве базового серосодержащего препарата был выбран таблетированный материал состава 70 % S+30% Na_2CO_3 , который промышленно выпускается и используется в ряде цветнолитейных производств. Для решения поставленной задачи, в состав указанных таблеток вводился ряд веществ: NaCl ; KCl ; MgCO_3 ; C_2Cl_6 и др. в концентрациях от 3 до 30% от массы таблетированного препарата. Исследования проводились на сплаве АК5М2. Обработка расплава осуществлялась в печи типа САТ емкостью 250 кг. по алюминию. Добавка рафинирующего препарата составляла 0,05% от массы расплава. Определение содержания алюминия в снимаемом шлаке осуществлялось путем металлургического переплава шлака в смеси солей 40 % NaCl +40% KCl +20% Na_3AlF_6 при соотношении одна часть шлака на четыре части солей.

В процессе исследований было обнаружено, что добавки NaCl и KCl в указанном диапазоне концентраций незначительно снижает содержание алюминия в шлаке (с 65 % без добавок, до 53 и 43 % при добавке 30 % NaCl и KCl соответственно). Введение в состав таблетированного препарата карбонатов K и Mg повлекло за собой увеличение содержания Al в снимаемом шлаке до 70 % при 30 % карбонатов в составе таблеток. Эффективное снижение содержания алюминия в шлаке (до 10 %) обеспечила добавка гексохлорэтана в количестве 30% от массы таблетки. Балл пористости образцов при вводе указанных добавок в рафинирующий препарат не изменялся. Время барботажа возрастало при вводе : NaCl ; KCl ; CaCO_3 ; MgCO_3 и снижалось при добавке C_2Cl_6 .

Оптимальным представлялся состав, содержащий в качестве добавки к композиции 70% S + 30% Na_2CO_3 гексохлорэтана в количестве 25% от массы таблетки. С использованием указанного состава в условиях СООО «Антонар» была изготовлена опытная партия отливок. Содержанием алюминия в шлаке при использовании разработанного препарата в промышленных условиях составила 10...15%. Механические и эксплуатационные свойства отливок опытной партии соответствуют требуемым.

УДК 658.567

Селективное извлечение цветных металлов и сплавов из отходов металлургического производства

Магистрант ПСФ Шуст А. С.
Научный руководитель – Андриц А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Всю тяжесть разворачивающегося экономического кризиса металлургия почувствовала одной из первых среди остальных отраслей. Экспортная ориентация и неустойчивость внутреннего спроса особенно негативно сказались на участниках рынка металлов.

При сохранении сложившихся экономических условий, когда рентабельная деятельность требует привлечения новых более дешевых ресурсов, переработка отходов может стать одним из основных факторов роста промышленных предприятий.

Необходимо отметить, что из всех видов отходов промышленные отходы составляют примерно 95%. Более 90% от объема промышленных отходов составляют отходы добычи и обогащения полезных ископае-

мых и являются твердыми металлсодержащими отходами металлургического производства, сосредоточенные в техногенных образованиях и отходах, образуются на всех металлургических предприятиях.

На сегодняшний день в результате работы металлургических предприятий накоплены многочисленные отвалы техногенного сырья, перерабатывать которые нет объективной заинтересованности в связи с отсутствием экономически эффективных процессов переработки отходов.

Разработанный в Белорусском национальном техническом университете процесс и созданная на его основе инновационная технология позволяет осуществить экологически безопасную и экономически эффективную переработку большого количества отходов металлургического, гальванического и термического производства, бытовых отходов, отработанных катализаторов химической промышленности, т.е. тех отходов, прямая металлургическая переработка которых не эффективна или вообще невозможна. Реализация технологии позволит обеспечить извлечение цветных, драгоценных и сопутствующих металлов до уровня 95%, снизить суммарные энергетические затраты на единицу продукции по сравнению с производством аналогичной продукции на действующих металлургических предприятиях, вовлечь в переработку дополнительные источники цветных, драгоценных и сопутствующих металлов, обеспечить импортозамещение металлопродукции, получить дополнительную продукцию для других отраслей, создать дополнительные рабочие места, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет высвобождения для рекультивации площадей, занимаемых экологически опасными техногенными образованиями и отходами на территориях густонаселенных, индустриально развитых районов.

Разработанный процесс основан на избирательном переводе в растворимое состояние цветных металлов, находящихся в отходах производства: металлургических шлаках, окалине, электролитных шламах при содержании до нескольких процентов. При этом обеспечивается инертное состояние основы сырья, что позволяет ограничить количество реагентов, расходуемых на извлечение ценных металлов.

Схема процесса зависит от фазового и химического состава исходного сырья. В общем случае включает: окислительный или восстановительный обжиг в контролируемой атмосфере; выщелачивание комплексных солей индивидуальных элементов; восстановление и отделение металлов или их соединений от оборотного раствора; получение металлов в компактном состоянии.

Реализуемыми продуктами являются компактные металлы и сплавы; порошки металлов; соединения металлов в виде солей, окислов, сульфидов.

Совокупность технологических процессов, используемых для решения поставленной задачи, реализована практически при селективном извлечении меди, цинка и свинца из металлургических шлаков; процессы использованы при снятии цинка с отходов жести. Это позволяет говорить о полной готовности разработки к внедрению в производство.

В частности, из металлургического железистого шлака с содержанием меди в форме соединений на уровне 19% в лабораторных условиях удалось получить медный сплав с содержанием Cu 96%, пригодный для переработки на электротехническую медь.

Из отходов переработки кабельной продукции, представляющих из себя полимеры различного состава с содержанием металлов до 20% в виде вкраплений в полимерную основу, выделяется вся медь чистой 98% и раздельно олово и свинец, входившие в состав защитного покрытия.

Свинцовое сырьё было представлено отфильтрованной пылью от процесса рафинирования сложного состава, включающего до 10 элементов. В результате выделены: свинец чистой 97%, олово чистой 91%, цинк чистой 93% и сурьмянистый концентрат с содержанием Sb 86%.

Цинксодержащие отходы, независимо от происхождения (отходы вискозного производства, пыль от плавильных печей, гартцинк), успешно перерабатываются в промышленный продукт с содержанием цинка до 96%.

Все полученные металлы пригодны для рафинирования до значений, соответствующим ГОСТ по традиционной методике.

Таким образом, в условиях ограниченности сырьевых ресурсов, а также постоянного роста цен на них, разработка и внедрение инновационных процессов переработки отходов является одним из перспективных направлений развития науки и промышленности.

В общем случае внедрение инновационных процессов переработки отходов позволит, во-первых, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения количества отходов, а во-вторых, получить значительный экономический эффект.

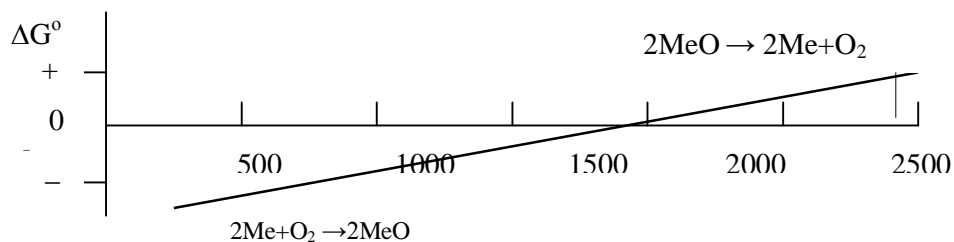
Студент гр.104115 Луцкий В.С., гр. 104125 Скуралович О.В., гр. 104126 Мурашко В.Н.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Большинство металлов в природе существуют в виде оксидов. Одной из характеристик прочности оксидов металлов является стандартное изменение энергии Гиббса (ΔG°). На рисунке 1 представлена зависимость энергии Гиббса образования оксидов от температуры. Видно, что положительное значение ΔG имеет при достаточно высоких температурах (порядка 2000К), а это означает, что получение в промышленных условиях металлов путем термической диссоциации затруднительно.

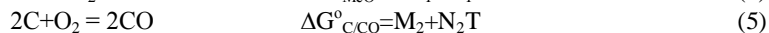
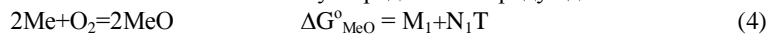
Рис. 1. Зависимость ΔG° от T для реакции образования оксидов металлов

В промышленных условиях металлы и лигатуры получают с использованием восстановительных процессов. Одним из методов извлечения легирующих элементов из соединения является металлотермическое восстановление. В качестве восстановителей используются элементы, имеющие более высокое сродство к кислороду (алюминий, магний, кальций и др. Процесс сопровождается выделением значительного количества тепла, за счет которого обеспечивается формирование слитка восстановленного металла либо сплава. Проведенные термодинамические расчеты и экспериментальные исследования показали реальную возможность получения алюмотермическим способом безжелезистых лигатур содержащих в своем составе хром, медь, никель и др. элементы.

В металлургии широко используется процесс восстановления металлов твердым углеродом, который протекает через газовую фазу по следующим реакциям:



Температура, при которой реакция (9) находится в равновесии имеет строго определенное значение. Она называется температурой начала восстановления ($T_{\text{нв}}$) металла из оксида твердым углеродом. Один из методов расчета основан на том, что температура начала восстановления металла соответствует температуре, при которой химическое сродство восстанавливаемого металла углерода к кислороду одинаковы.



При условии, когда $\Delta G^\circ_{\text{MeO}} = \Delta G^\circ_{\text{C/CO}}$ температура начала восстановления металла ($T_{\text{нв}}$) определяется по формуле

$$T_{\text{н.в.}} = (M_2 - M_1) / (N_1 - N_2) \quad (6)$$

Значения коэффициентов M_1 , M_2 , N_1 и N_2 берутся из таблиц температурной зависимости ΔG° для соответствующих реакций.

В таблице 1 представлены результаты расчета температуры начала восстановления ($T_{\text{нв}}$) ряда легирующих элементов твердым углеродом.

Таблица 1

Легирующий элемент	Медь	Никель	Цинк	Олово	Хром
$T_{\text{нв}}, \text{K}$	363	748	1210	945	1505

Железоуглеродистые сплавы содержат в своем составе активные к кислороду элементы (C, Si, Mn) которые могут эффективно восстанавливать в ходе плавки легирующие элементы из шлаковой фазы. по схеме представленной на Рис.2

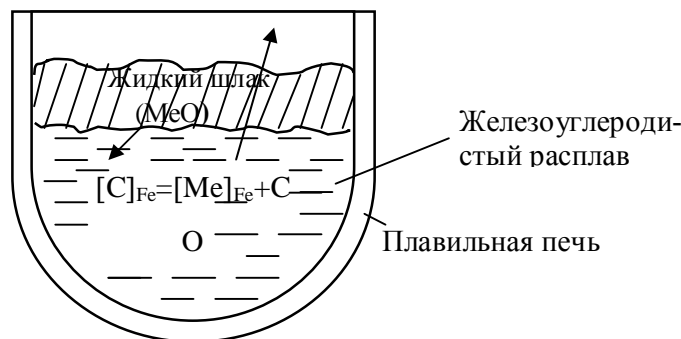


Рис. 2. Схема процесса легирования через шлаковую фазу

По данной методике, были проведены термодинамические расчеты процесса восстановления, через шлаковую фазу хрома, никеля, меди, титана и ванадия из оксидов при получении легированных чугунов для температуры 1673 К (табл. 2).

Таблица 2

№, п/п	Реакция восстановления элемента через шлаковую фазу	ΔG , Дж/моль	Константа реакции, К	Коэффициент распределения, L	Степень восстановления Φ , %
1.	$Cr_2O_{3TB} + 3[C]^{Fe} = 2[Cr]^{Fe} + 3CO_{г}$	753783-448Т	0,041	25	37,0
2.	$NiO_{TB} + [C]^{Fe} = [Ni]^{Fe} + CO_{г}$	98186-173Т	$8,9 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	99,9
3.	$CuO_{TB} + [C]^{Fe} = [Cu]^{Fe} + CO_{г}$	8197-179Т	$5,7 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^{-5}$	99,9
4.	$TiO_{2TB} + 2[C]^{Fe} = [Ti]^{Fe} + 2CO_{г}$	608038-301Т	0,005	568	2,5
5.	$V_2O_{3TB} + 3[C]^{Fe} = 2[V]^{Fe} + 3CO_{г}$	753783-448Т	0,69	3,6	73,5

Анализ полученных результатов свидетельствует, что в процессе плавки чугунов можно осуществлять эффективное легирование через шлаковую фазу такими элементами, как никель, медь, ванадий, хром. Расчетная степень восстановления этих элементов составляет от 30 до 100%.

Таким образом, проведенные термодинамические исследования позволяют разработать способы восстановления металлов для получения на их основе легатур и экономнолегированных сплавов.

УДК 621.745

Пути повышения качества корпусных отливок из низкоуглеродистой стали

Студенты гр. 104125 Гралько В.В., Зайцев А.В., Скуратович О.В., гр. 104126 Юхо Д.В.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Низкоуглеродистая сталь – наиболее распространенный материал для изготовления корпусных деталей большегрузных автомобилей. Ее широкому применению способствует высокий уровень механических и эксплуатационных свойств. В литом (сыром) состоянии такая сталь имеет перлитно-ферритную структуру

Необходимым условием создания качественных конструкций при экономном использовании материала является учет дополнительных критериев, влияющих на конструкционную прочность. Этими критериями являются надежность и долговечность.

Критериями, определяющими надежность крупногабаритных корпусных отливок, являются ударная вязкость, температурные пороги хладоломкости, сопротивление распространению трещин, характеристики пластичности.

Неметаллические включения играют важную роль в формировании структуры и свойств литых сплавов. Управление природой неметаллических включений позволяет получать сплавы с заданными свойствами, улучшать их качество, повышать надежность и долговечность литья. Для улучшения качества отливок

снижают общее количество включений и проводят их глобуляризацию путем модифицирования. Установлено, что в литой стали зарождение трещин независимо от степени дисперсности структуры и соотношения между ферритом и перлитом в 80-100 % случаев происходит у неметаллических включений. Наиболее вредные неметаллические включения – это сульфидные соединения, силикаты, алюмосиликаты, которые располагаются по границам зерен.

Загрязненность неметаллическими включениями является одним из важных факторов, определяющих сопротивляемость литейной стали хрупкому разрушению. Хладостойкость литейных сталей обеспечивается, если при температурах эксплуатации разрушение развивается по вязкому механизму, который на микроскопическом уровне осуществляется путем роста и коалесценции микропустот, зарождающихся на неметаллических включениях. В первом приближении энергоёмкость разрушения тем выше, чем больше расстояние между неметаллическими включениями, способными служить центрами зарождения пор. Неглобулярные включения обычно резко снижают энергетические затраты на зарождение и рост микропустот и способствуют их ранней коалесценции. Поэтому важной задачей современного материаловедения является управление природой включений с целью получения заданных механических характеристик стали. В значительной мере это достигается применением модификаторов - глобуляризаторов.

Таким образом, роль неметаллических включений в зарождении микротрещин в литой конструкционной стали велика. С понижением температуры влияние включений усиливается, причем особенно заметно с повышением общей загрязненности металла. В этом случае увеличивается число одновременно возникающих микротрещин и облегчается их слияние, так как уменьшается расстояние между включениями, что приводит к уменьшению энергии распространения трещин. При повышении чистоты стали температуры максимального трещинообразования сдвигаются в область более низких температур.

Величина макро- и микрозерна также влияет на качество отливок. Чем меньше зерно, тем выше свойства стали.

Основной вид брака отливок из низкоуглеродистой стали – горячие и холодные трещины. Они составляют порядка 70% от общего брака.

На трещинообразование стали влияют следующие факторы: химсостав (особенно С, Si и P), степень раскисленности, температура и скорость разлива по формам, неметаллические включения, условия кристаллизации, температура отливок в момент их выбивки из форм, режим термической обработки.

В целом образованию горячих трещин в стальных отливках способствуют следующие факторы:

- *Повышенное содержание серы.* Сера образует с железом сульфид FeS и легкоплавкую эвтектику Fe-FeS по границам зерен, что вызывает снижение пластических характеристик стали в отливках.

- *Протяженный температурный интервал кристаллизации.* С уменьшением эффективного интервала кристаллизации трещиностойкость сталей возрастает.

- *Геометрический или размерный фактор.* Трещины возникают, когда значительно различаются скорости охлаждения в разных сечениях отливки. Градиент скоростей охлаждения увеличивается в тех областях конструкции, где происходит переход от массивной части к тонким перегородкам.

- *Малая теплопроводность.* Низкие теплофизические характеристики стали способствуют увеличению температурного градиента по сечению отливки, и как следствие, к утолщению и упрочнению наружной корочки металла.

- *Затрудненная усадка.* Усадка металла в присутствии жестких и прочных стержней увеличивает уровень напряжений и способствует образованию трещин.

На основании проведенного анализа особенностей выплавки низкоуглеродистой стали и основным фактором, влияющим на качественные характеристики корпусных отливок применительно к условиям действующего производства на заводе ОАО «БелАЗ» планируется разработать комплекс мероприятий включающих:

1) эффективное раскисление и модифицирование стали комплексной присадкой на основе алюминия и РЗМ, позволяющее не только снизить содержание кислорода в отливке, но и измельчить первичную структуру сплава, а также сфероидизировать неметаллические включения по границам зерен;

2) совершенствование технологии литья, обеспечивающую максимальное удаление газов из полости литейной формы в процессе заливки;

3) оптимизацию скорости разлива металла по формам;

4) увеличение податливости формовочной смеси за счет применения специальных добавок;

5) оптимизацию конструкции отливки, с целью снижения ее разностенности, способствующей в процессе кристаллизации снижению внутренних напряжений.

В настоящее время большое внимание уделяется применению ультрадисперсных порошков химических соединений (нитриды, карбиды, оксиды, карбонитриды и др.) при получении новых материалов и сплавов. Размер частиц таких нанопорошков не превышает 100 нм. Обладая уникальными физико-химическими и механическими свойствами, они могут влиять на качество стальных отливок.

В лабораторных условиях проведены предварительные исследования по процессу получения модификатора – раскислителя на основе алюминия и РЗМ с добавками различного количества ультрадисперсного

порошка нитрида титана. Изготовлены образцы такого модификатора в виде брикетов, а также слитков, полученных с использованием специальных флюсов, обеспечивающих в процессе плавки модификатора максимальный металлургический выход. Испытания технологии модифицирования стали, проведенные на литейном участке УП «Идея», показали положительные результаты по структуре и свойствам сплава.

УДК 669.714

Электронно-лучевой способ получения сплавов

Студенты гр.104125 Глушаков А.Н., Гралько В.В. гр. 104126 Молочко В.А.
Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
Научный консультант – Луцкич Т.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электронно-лучевая плавка (ЭЛП), широко применяется при изготовлении чистых металлов и сплавов. Имеются исследования по улучшению механических и технологических характеристик жаропрочных сплавов. Повышение целого комплекса характеристик материалов связаны с рафинированием путем удаления неметаллических включений, вредных примесей, газов, а зачастую измельчением структуры. Такие преимущества делают электронно-лучевую обработку перспективной при переработке отходов механической обработки и обработки давлением, бракованных поковок и изделий. Актуальность применения ЭЛП возрастает, принимая во внимание высокую стоимость сплавов и повышенные требования к функциональным свойствам изделий из них. Например, стоимость сплавов на основе кобальта, при изготовлении деталей медицинских имплантатов, составляет около 200 € При горячей штамповке и механической обработке деталей имплантатов отходы в виде облоя и стружки составляют от 10 до 30 %. Кроме того, поскольку сплав Co-Cr-Mo относится к труднодеформируемым, велика вероятность получения брака во время штамповки. В связи с этим, возможность вторичного использования отходов Co-Cr-Mo путем переплава и последующей деформации приобретает значительную экономическую эффективность.

Схема установки для электронно-лучевого переплава показана на рис. 1. Процесс плавки проводится в промежуточной емкости (3). Луч расфокусирован на всю поверхность промежуточной емкости. Мощность нагрева составляет 1200 Вт. Длительность воздействия электронного луча при переплаве 5 мин. Этого времени достаточно для диссоциации присутствующих в расплаве окислов и для удаления примесей.

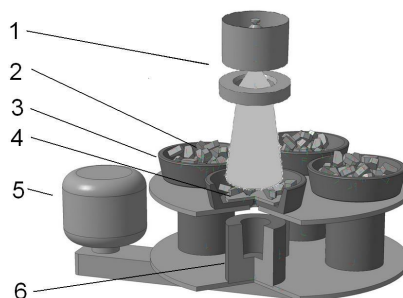


Рисунок 1– Схема оснастки для переплава и литья в кокиль

1 – электронно-лучевая пушка; 2 – Co-Cr-Mo скрап; 3 – промежуточная емкость;
4 – шайба; 5 – механизм поворота; 6 – кокиль

После полного расплавления материала в промежуточной емкости электронный луч фокусируется для проплавления шайбы, (4) закрывающей сливное отверстие. Расплав из промежуточной емкости сливается в кокиль (6). Шайба изготавливается из того же сплава. Отливки получают конической формы. Для повышения производительности применяется четыре промежуточных емкости и четыре кокиля.

Термодинамические исследования показали реальную возможность металлотермического восстановления большинства металлов за счет алюминия. На рис. 2 представлены результаты расчетов термичности смесей на основе различных оксидов.

Для успешного протекания процесса без внешнего подогрева приход тепла должен составлять не менее 2300 Дж/гр. На основе полученных расчетов были подобраны составы смесей для получения образцов сплавов хрома с никелем и молибденом.

Методика восстановительной плавки и образец полученной лигатуры Cr-Ni представлены на рис. 3 (а,б).

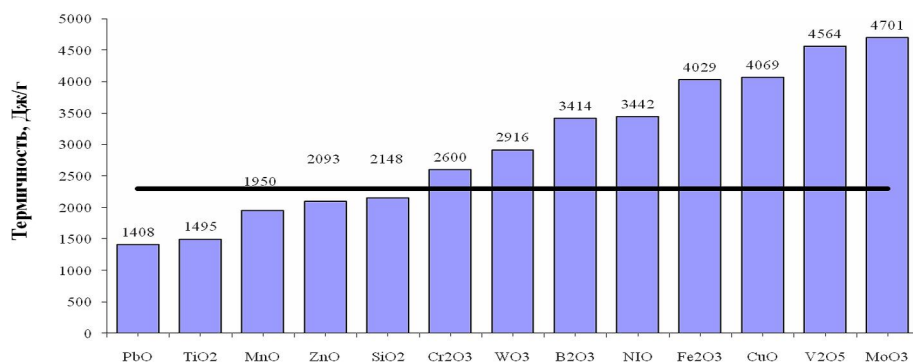


Рисунок 2 –Термичность смесей на основе различных оксидов



Рисунок 3 – Методика проведения восстановительной плавки а) и образец полученной лигатуры б).
 1 – запальная смесь; 2 – исходная смесь; 3 – тигель с отверстием; 4 – алюминиевая пластина; 5 – изложница; 6 – полученная лигатура

Полученные по такой методике лигатуры могут быть использованы в качестве шихты для последующего переплава на электронно-лучевой установке в заготовки нужного размера.

Литература

Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.

УДК 669.714

Моделирование процесса затвердевания кольцевой крупногабаритной отливки из стали 35НМФЛ

Студенты гр.104125 Зайцев А.В., Глушаков А.Н.
 Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Цель данной работы – оптимизация литниково-питающей системы для изготовления кольцевой отливки из стали 35НМФЛ. Особенностью технологии получения таких отливок является использование сухих песчано-смоляных форм, которые имеют невысокую газопроницаемость и теплопроводность, что приводит к образованию усадочных раковин и пористости в отливках. К отливке предъявляются повышенные требования по плотности, т.к. из неё впоследствии изготавливаются зубчатые колеса.

Для решения данной задачи использовали лицензионную систему имитационного моделирования «Полигон».

На первом этапе провели расчет процесса затвердевания отливки без прибыльной части. На рисунке 1 видно, что отливка практически на всю глубину поражена усадочной пористостью.

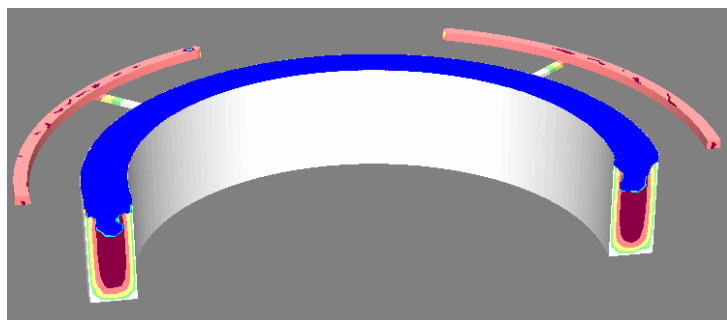


Рисунок 1 – Характер распределения усадочной раковины и пористости в отливке без прибылей

Далее в расчетах были использованы различные виды прибылей (рис. 2).

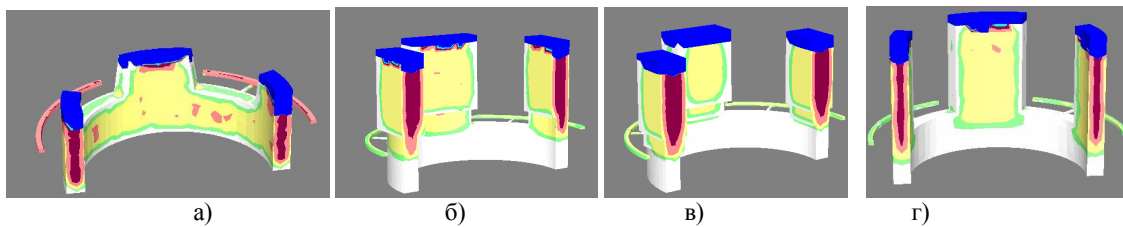


Рисунок 2 – Варианты прибылей для питания отливки

Наилучший результат показали прибыли со сложной конфигурацией рис.2 в, хотя отливка в небольшой степени была поражена пористостью. С целью исключения этого явления несколько увеличили высоту данных прибылей. Процесс затвердевания по такому варианту представлен на рис 3.

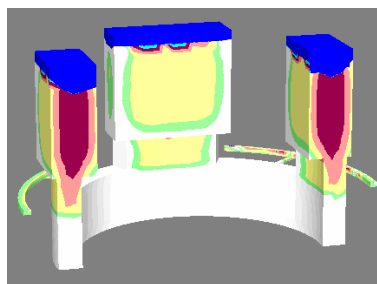


Рисунок 3 – Характер затвердевания отливки с увеличенными прибылями

Видно, что пористость лишь немного касается отливки и ее можно было бы снять механической обработкой, но для этого необходимо заложить эту мех. обработку в исходную технологию. С этой целью была изменена высота отливки на 15 мм. На рис. 4 представлены результаты расчета затвердевания отливки по такому варианту.

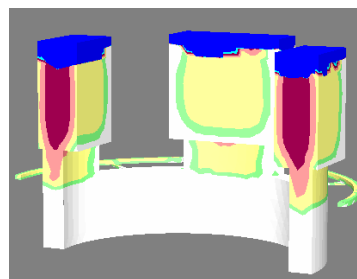


Рисунок 4 – Характер затвердевания отливки с увеличенным припуском на мех. обработку прибылями

На основании проведенного моделирования с использованием виртуальной системы «Полигон» изучен характер затвердевания стальной отливки и подобрана оптимальная конфигурация прибылей, обеспечивающих формирование плотной структуры.

В дальнейшем планируется проведение заводских испытаний технологии по разработанному варианту.

Студенты гр. 641251 Рогов И.С., гр. 631251 Прохоров И.В.
 Научный руководитель – Вальтер А.И.
 Тульский государственный университет
 Россия, Тула

Природа полиморфизма железа является до настоящего времени сложной проблемой, несмотря на большую изученность двойных металлических систем «железо - элемент». Механизм физико-химического взаимодействия легирующих элементов с железом остается по многим параметрам не ясным, особенно в области атомно-электронного взаимодействия элементов в условиях сильного отклонения от равновесия.

Современная теория динамических систем, а также физика неравновесных состояний позволяет по-новому взглянуть на процессы, происходящие в металлических системах на атомно-электронном уровне.

Атом углерода характеризуется электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^2$, существует несколько полиморфных модификаций углерода. Между атомами углерода в графите действуют сильные ковалентные связи, атомы располагаются в углах правильных шестиугольников, расстояние между центрами атомов равно $1,415 \text{ \AA}$. В ковалентных связях заняты три валентные электроны каждого атома, четвертые валентные электроны коллективизированы и это придает графиту высокую электропроводность, непрозрачность. Оценку энергетического взаимодействия элементов в системе «Fe - C (графит)» проводили на основе расчета энергии электронных уровней атомов железа и углерода по следующим соотношениям:

$$E_n = -\frac{1}{2} m g^2; \quad (1)$$

Эту величину можно выразить также через R - радиус атома (иона), подставив соотношение $g^2 = \frac{k_0 z e^2}{m R_n}$ в выражение $E = -\left(\frac{1}{2}\right) m g^2$, что дает:

$$E_n = -\frac{K_0 e^2}{2 R_n} = -K_0 \frac{e^2}{2 R}; \quad (2)$$

Энергии электронных уровней атомов железа и углерода в металлической системе «Fe - C» (графит) выразим также через R - радиусы ионов в виде суммы энергий электронных уровней атомов. Для двухкомпонентной системы уравнение (2) принимает следующий вид:

$$E = E_{n_1} + E_{n_2} = -K_0 \frac{e^2}{2 R_1} - K_0 \frac{e^2}{2 R_2} = -K_0 \frac{e^2}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right); \quad (3)$$

где R_1, R_2 - радиусы атомов (ионов) компонентов, составляющих сплав; K_0 - постоянная Больцмана; e - заряд электрона.

Уравнение (3) позволяет рассчитать энергию электронных уровней взаимодействующих атомов в металлической системе и на основе этого определить температуру сплава, так как энергия системы эквивалентна ее температуре.

Исходя из условия известных межатомных расстояний в графите ($1,415 \text{ \AA}$), можно определить ковалентный радиус атома углерода, который будет равен $0,7075 \text{ \AA}$. Исследование электронного строения сплавов системы «Fe-C (графит)» позволило построить диаграмму, которая представлена на рис.1. Как видно из рис.1, линия ликвидус **ABD** имеет минимум в точке **B**. Точке **B** соответствует температура $1428 \text{ }^\circ\text{C}$ и концентрация $2,012 \%$ (вес.).

На линии ликвидус **AB** атомы углерода находятся в ионизированном состоянии; при концентрации углерода $1,2 \cdot 10^{-4}, 0,026, 0,134, 0,168 \%$ (вес) атомы углерода находятся в состоянии ионизации $C^{\text{я}}$ (ядро), $C^{\text{я.о}}$ (ядерное облако), C^{6+}, C^{5+} . С повышением концентрации до $0,56, 0,69, 0,85 \%$ атомы углерода переходят в состояние ионизации C^{4+}, C^{3+}, C^{2+} . Далее, с увеличением концентрации до $1,07, 1,3, 1,5, 1,7, 1,9 \%$ ионизация атомов углерода уменьшается до уровня $C^{1+}, C^{0,76+}, C^{0,54+}, C^{0,33+}, C^{0,12+}$. При концентрации $2,012 \%$ и температуре $1428 \text{ }^\circ\text{C}$ атомы углерода находятся в расплаве в состоянии ионизации C^0 (нулевая ионизация). Атомы железа в области сталей, на линии ликвидус **AB**, не ионизированы и находятся в состоянии Fe^0 , т.е. имеют нулевую ионизацию. Межатомное взаимодействие осуществляется за счет перекрытия электронных оболочек атомов железа и углерода. С увеличением концентрации углерода более $2,012 \%$ (вес.) на линии ликвидус **BD** происходит ионизация атомов железа до уровня $Fe^{1+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Fe^{4+}$ при содержании углерода

2,78, 3,28, 4,07, 4,27 %. При дальнейшем повышении концентрации до 4,75, 5,03, 5,24, 5,71, 6,60, 6,67 % (вес.) ионизация атомов железа растет до уровня Fe^{5+} , Fe^{6+} , Fe^{7+} , Fe^{8+} , Fe^{9+} , Fe^{10+} .

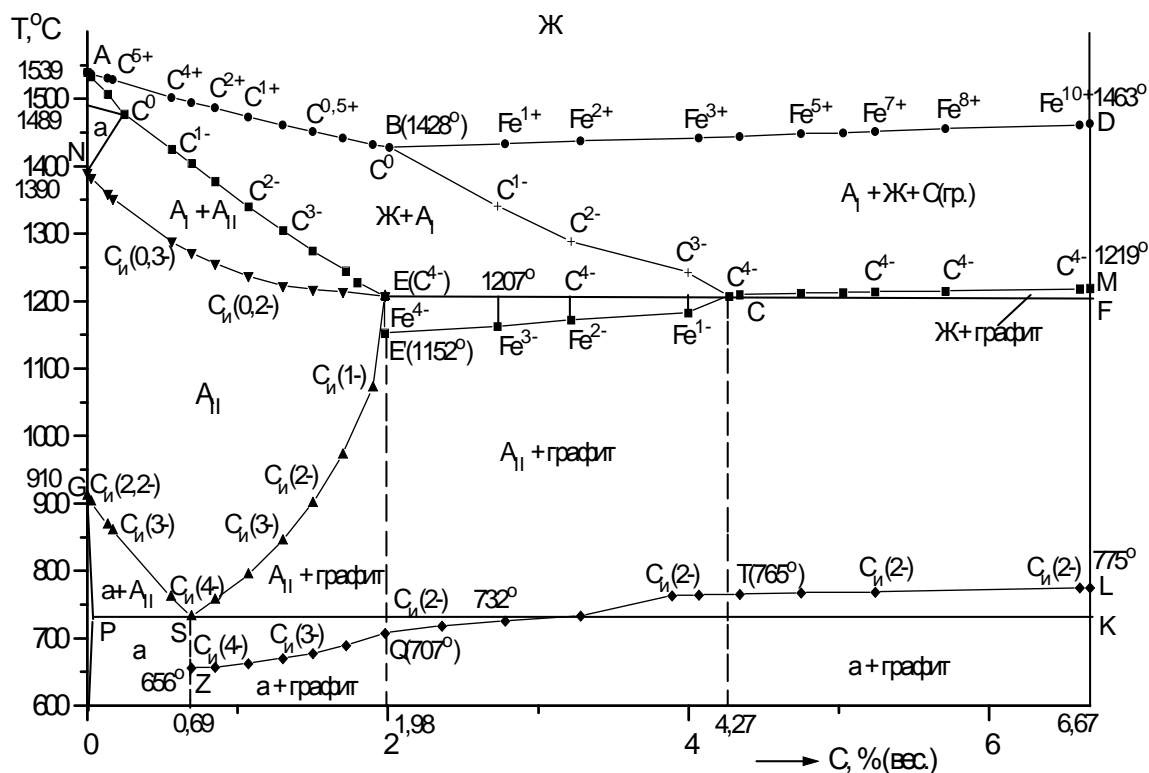


Рис. 1. Диаграмма состояния сплавов «Fe - C (графит)» с ионными связями атомов углерода в графите на линии ZQTL

Минимум температуры в точке В (1428 °С) при концентрации 2,012 % (вес.) углерода можно объяснить различным межатомным взаимодействием элементов в области сталей и в области чугунов.

С изменением радиуса атома происходит также изменение энергии электронных уровней взаимодействующих атомов и, соответственно, температуры сплава.

УДК 621. 179

Изучение способов производства поршней

Магистрант Сошенко А.А.

Научный руководитель – Довнар Г.В.

Научный консультант – Арабей А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В конструкции поршня принято выделять следующие элементы: головку 1 и юбку 2. Головка включает днище 3, огневой (жаровой) 4 и уплотняющий 5 пояса. Юбка поршня состоит из бобышек и направляющей части (рисунок 1).

Сложная конфигурация поршня, быстро меняющиеся по величине и направлению тепловые потоки, воздействующие на его элементы, приводят к неравномерному распределению температур по его объему и, как следствие, к значительным переменным по времени локальным термическим напряжениям и деформациям (рисунок 2).

Для изготовления поршней в настоящее время в основном используют алюминиевые сплавы, реже серый или ковкий чугун, а также композиционные материалы.

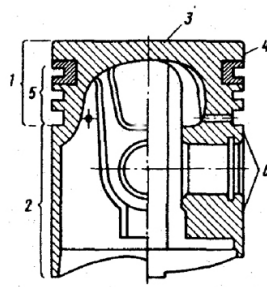


Рисунок 1 – Основные элементы поршня

Алюминиевые сплавы имеют малую плотность, что позволяет снизить массу поршня и, следовательно, уменьшить инерционные нагрузки на элементы цилиндропоршневой группы. При этом упрощается также проблема уменьшения термического сопротивления элементов поршня, что в сочетании с хорошей теплопроводностью, свойственной данным материалам, позволяет уменьшать теплонапряженность деталей поршневой группы. К положительным качествам алюминиевых сплавов следует отнести малые значения коэффициента трения в паре с чугунными или стальными гильзами.

Однако поршням из алюминиевых сплавов присущ ряд серьезных недостатков, основными из которых являются невысокая усталостная прочность, уменьшающаяся при повышении температуры, высокий коэффициент линейного расширения, меньшая, чем у чугунных поршней, износостойкость, сравнительно большая стоимость.

В настоящее время при изготовлении поршней используют два вида силуминов: эвтектические с содержанием кремния 11...14% и заэвтектические – 17...25%.

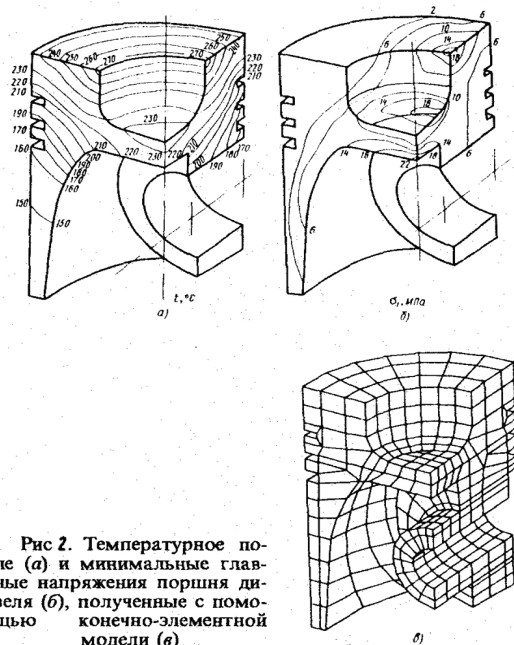


Рис 2. Температурное поле (а) и минимальные главные напряжения поршня дизеля (б), полученные с помощью конечно-элементной модели (в)

Увеличение содержания Si в сплаве приводит к уменьшению коэффициента линейного расширения, к повышению термо- и износостойкости, но при этом ухудшаются его литейные качества и растет стоимость производства. Заготовки поршней из алюминиевых сплавов получают путем отливки в кокиль или горячей штамповкой. После механической обработки они подвергаются термической обработке для повышения твердости, прочности и износостойкости, а также для предупреждения коробления при эксплуатации. Кованые поршни пока используются реже, чем литые.

Материал поршня должен быть малой плотности, иметь низкий коэффициент линейного расширения, обладать износостойкостью, высокой теплопроводностью, в том числе при повышенных температурах, иметь хорошую обрабатываемость. При этом важными являются комплексные характеристики материала, а не только отдельные его свойства.

Для улучшения физико-механических свойств силуминов в них вводят различные легирующие добавки. Добавка в алюминиево-кремниевый сплав до 6% меди приводит к повышению усталостной прочности, улучшает теплопроводность, обеспечивает хорошие литейные качества и, следовательно, меньшую

стоимость изготовления. Однако при этом несколько снижается износостойкость поршня. Использование в качестве легирующих добавок натрия, азота, фосфора увеличивает износостойкость сплава. Легирование никелем, хромом, магнием повышает жаропрочность и твердость конструкции.

Чугун в качестве материала для поршней по сравнению с алюминиевым сплавом обладает следующими положительными свойствами: более высокими твердостью и износостойкостью, жаропрочностью, одинаковым коэффициентом линейного расширения с материалом гильзы. Последнее позволяет существенно уменьшить и стабилизировать по режимам работы зазоры в сочленении юбка поршня — цилиндр. Однако большая плотность не позволяет использовать его широко для поршней высокооборотных автомобильных двигателей. Данный недостаток может быть частично нивелирован включением в структуру чугуна шаровидного графита, что позволяет отливать элементы поршня существенно меньшей толщины.

В настоящее время на производстве поршни изготавливают следующими способами:

1. Литье в оболочковые формы.

Оболочковые формы (разъемные, тонкостенные), изготавливают следующим образом: металлическую модельную плиту, нагретую до температуры 200—250 °С, закрепляют на опрокидывающем бункере с формовочной смесью и поворачивают его на 180°. Формовочная смесь, насыпается на модельную плиту и выдерживается 10—30 с. От теплоты модельной плиты термореактивная смола в пограничном слое переходит в жидкое состояние, склеивает песчинки с образованием песчано-смоляной оболочки толщиной 5—20 мм в зависимости от времени выдержки. Бункер возвращается в исходное положение, излишки формовочной смеси сыплются на дно бункера, а модельная плита с полутвердой оболочкой снимается с бункера и нагревается в печи при температуре 300—350 °С в течение 1—1,5 мин, при этом термореактивная смола переходит в твердое необратимое состояние. Твердая оболочка снимается с модели специальными толкателями. Аналогично изготавливают и вторую полуформу.

Готовые оболочковые полуформы склеивают быстротвердеющим клеем на специальных прессах, предварительно установив в них литейные стержни, или скрепляют скобами.

Заливка форм производится в вертикальном или горизонтальном положении. При заливке в вертикальном положении литейные формы помещают в опоки-контейнеры и засыпают кварцевым песком или металлической дробью для предохранения от преждевременного разрушения оболочки при заливке расплава.

Литье в оболочковые формы обеспечивает высокую геометрическую точность отливок, так как формовочная смесь, обладая высокой подвижностью, дает возможность получать четкий отпечаток модели. Точность отпечатка не нарушается потому, что оболочка снимается с модели без расталкивания. Повышенная точность формы позволяет в 2 раза снизить припуски на механическую обработку отливок. Применяя мелкозернистый кварцевый песок для форм, можно снизить шероховатость поверхности отливок. Высокая прочность оболочек позволяет изготавливать формы тонкостенными, что значительно сокращает расход формовочных материалов.

2. Литье по выплавляемым моделям.

Этим способом отливки получают путем заливки расплавленного металла в формы, изготовленные по выплавляемым моделям многократным погружением в керамическую суспензию с последующими обсыпкой и отверждением. Затем модельные блоки сушат 2 – 2,5 ч на воздухе или 20—40 мин в среде аммиака. На модельный блок наносят четыре – шесть слоев огнеупорного покрытия с последующей сушкой каждого слоя.

Модели из форм удаляют выплавлением в горячей воде. Для этого их погружают на несколько минут в бак, наполненный водой, которая нагревается до температуры 80—90 °С.

После охлаждения отливки форма разрушается. Отливки на обрезных прессах или другими способами отделяются от литников и для окончательной очистки направляются на химическую очистку. После травления, отливки промывают проточной водой, сушат, подвергают термической обработке и контролю.

3. Литье в кокиль

При литье в кокиль отливки получают путем заливки расплавленного металла в металлические формы. По конструкции различают кокили: вытряхные; с вертикальным разъемом; с горизонтальным разъемом и другие.

Полости в отливках оформляют песчаными, оболочковыми или металлическими стержнями. Кокили с песчаными или оболочковыми стержнями используют для получения отливок сложной конфигурации из чугуна, стали и цветных сплавов, а с металлическими стержнями — для отливок из алюминиевых и магниевых сплавов.

Для получения сложной полости отливки используют разъемные стержни, состоящие из нескольких частей.

Рабочую поверхность кокиля и металлических стержней очищают от ржавчины и загрязнений. Затем на рабочую поверхность кокиля наносят теплозащитные покрытия для предохранения его стенок от воздействия высоких температур заливаемого металла, для регулирования скорости охлаждения отливки, улучшения заполняемости кокиля, облегчения извлечения отливки. Заливку металла осуществляют разливочными

ковшами или автоматическими заливочными устройствами. Затем отливки охлаждают до температуры выливки, составляющей 0,6—0,8 температуры солидуса сплава, и выталкивают из кокиля. После этого отливки подвергают обрубке, очистке и в случае необходимости – термической обработке.

Кокильные отливки имеют высокую геометрическую точность размеров и малую шероховатость поверхности, что снижает припуски на механическую обработку вдвое по сравнению с литьем в песчаные формы. Этот способ литья высокопроизводителен.

Недостатки кокильного литья: высокая трудоемкость изготовления кокилей, их ограниченная стойкость, трудность изготовления сложных по конфигурации отливок.

4. Литье под давлением.

Литьем под давлением получают отливки в металлических формах (пресс-формах), при этом заливку металла в форму и формирование отливки осуществляют под давлением. Изготавливают отливки на машинах литья под давлением с холодной или горячей камерой прессования. В машинах с холодной камерой прессования камеры прессования располагаются горизонтально или вертикально.

На машинах с горизонтальной камерой прессования порцию расплавленного металла заливают в камеру прессования, который плунжером под давлением 40—100 МПа подается в полость пресс-формы, состоящей из неподвижной и подвижной полуформ. Внутреннюю полость в отливке получают стержнем. После затвердевания отливки пресс-форма раскрывается, извлекается стержень и отливка толкателями удаляется из рабочей полости пресс-формы. Перед заливкой пресс-форму нагревают до 120—320 °С. После удаления отливки рабочую поверхность пресс-формы обдувают воздухом и смазывают специальными материалами для предупреждения приваривания отливки к пресс-форме. Воздух и газы удаляют через каналы, глубиной 0,05—0,15 мм и шириной 15 мм, расположенные в плоскости разъема пресс-формы, или вакуумированием рабочей полости; перед заливкой расплавленного металла. Такие машины применяют для изготовления отливок из медных, алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов массой до 45кг.

5. Изготовление отливок специальными способами литья.

Точность геометрических размеров, шероховатость поверхности отливок, полученных в песчаных формах, во многих случаях не удовлетворяет требованиям современной техники. Поэтому быстрыми темпами развиваются специальные способы литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное и другие, позволяющие получать отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключают ее, обеспечивают высокую производительность труда и т. д.

УДК 669.715.018

Изучение влияния карбонатных композиций на пористость сплава АК5М2

Студенты гр. 104125 Полюян М.О., Зенько П.В., гр. 104126 Шахлович И.Г.

Руководители – Чайкина Н.В., Задруцкий С.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Вопросы экономической безопасности рафинирующей обработки силуминов приобретают все большую значимость в современных производственных условиях. В связи с этим, перспективным представляется проведение рафинирующей обработки с использованием карбонатных композиций, претерпевающих термическую диссоциацию в расплаве алюминия с образованием большого количества высокодисперсных пузырьков рафинирующего газа.

Термодинамические расчеты показывают непрерывное протекание $\text{MeCO}_3 \rightleftharpoons \text{MeO} + \text{CO}_2$ в интервале температур 700...800°С при условии нахождения разлагающегося карбоната в расплаве и обеспечения отвода образующегося углекислого газа из зоны реакции. Учитывая то, что реакция разложения карбоната интенсивно идет на поверхности раздела фаз расплав-карбонат, регулируя дисперсность последнего, можно обеспечить требуемую интенсивность термической диссоциации и время ее протекания.

На основе проведенных термодинамических расчетов и экспериментальных работ был создан экологически безвредный рафинирующий карбонатный препарат обеспечивающий умеренное бурление расплава и время разложения 5...7 минут.

Промышленные испытания препарата проводились в условиях предприятия СООО «Антонар». Снижение пористости сплава АК5М2 при обработке в печи типа САТ разработанным препаратом в количестве 0,05% от массы расплава составило 1 балл (с 2 до 1-ого) по ГОСТ 1583. Из обработанного металла была изготовлена опытная партия отливок. Механические и эксплуатационные свойства отливок опытной партии соответствуют требуемым.

Оптимизация процесса получения отливки «Коллектор» Минского моторного завода с использованием средств имитационного моделирования литейных процессов ProCAST

Студент гр.104115 Цуканов С.В.
Научный руководитель – Немененок Б. М.
Научный консультант – аспирант Лущик П.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью работы являлось исследование технологии получения отливки 245-1003033Д «Коллектор», а также оптимизация ее изготовления с использованием современных средств моделирования технологических процессов. С «Минского моторного завода» была получена готовая трехмерная модель (рисунок 1).

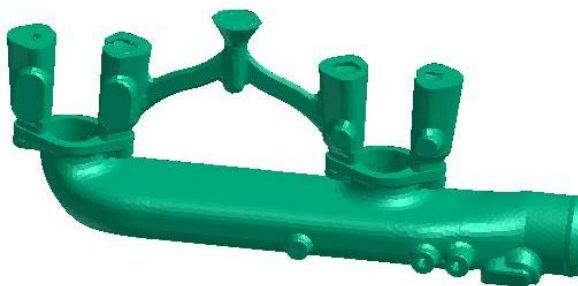


Рисунок 1 – Отливка 245-1003033Д «Коллектор»

Технология предусматривает литье в кокиль. Внутренняя полость выполняется стержнем, который крепится вакуумным присасыванием в полости формообразующей с помощью специальных знаковых частей.

Дефектность отливки выпускаемой в заводских условиях состоит в непригодности по герметичности в области прибылей. Для выявления этого дефекта был проведен расчет виртуального заполнения полости формы.

В результате моделирования были получены данные о распределении потоков металла внутри кокиля. Анализ полученных данных показал наличие нескольких мест слияния потоков, которые образуют оксидные пленки на их границах и впоследствии не полностью удаляются из тела отливки по причине некорректного подвода металла в тело отливки и расположения прибылей по отношению к питателям (рисунок 2).

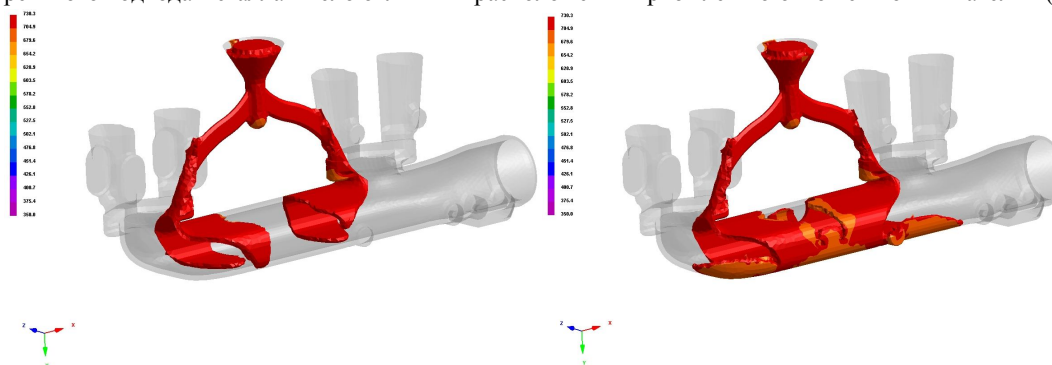


Рисунок 2 – Слияние потоков металла в теле отливки

Оставшиеся в теле отливки пленки с наибольшей вероятностью локализируются в месте наибольшего перегрева формы (рисунок 3). Данный тип дефектов может критично сказываться при прохождении испытаний на герметичность, что подтверждается натурным экспериментом.

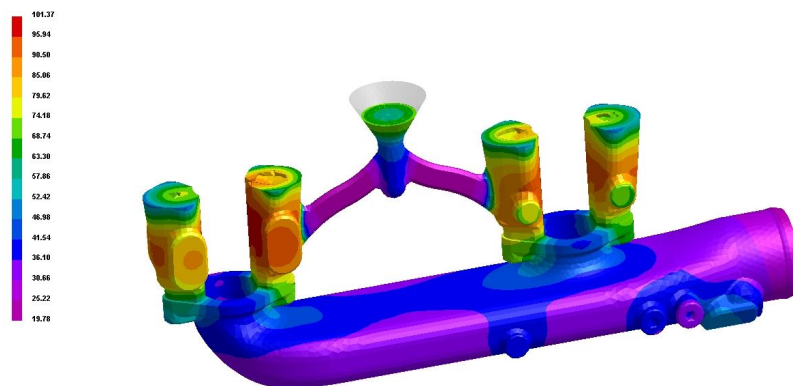


Рисунок 3 – Зоны локального перегрева

По результатам анализа были сделаны предложения по изменению геометрии и расположения литниково-питающей системы и проведение повторного анализа в ProCAST. Отливки с измененной геометрией литниково-питающей системы представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – «Коллектор» с изменой геометрией литниково-питающей системы

В результате анализа оптимизированной технологии можно сделать следующее заключение:

Изменение положения и геометрии ЛПС привело к более равномерному заполнению отливки металлом и уменьшению зон слияния потоков (рисунок 5), Отсутствие препятствий для выведения шлаковых включений и оксидных плен, а также отсутствие зон локального перегрева и наличие направленного затвердевания в проблемных участках (рисунок 6) позволит получить отливку с заданными эксплуатационными свойствами.

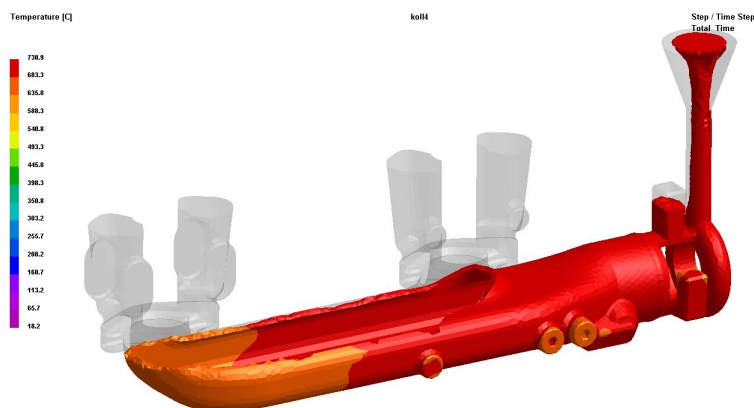


Рисунок 5 – Заполнение оптимизированной отливки «Коллектор».

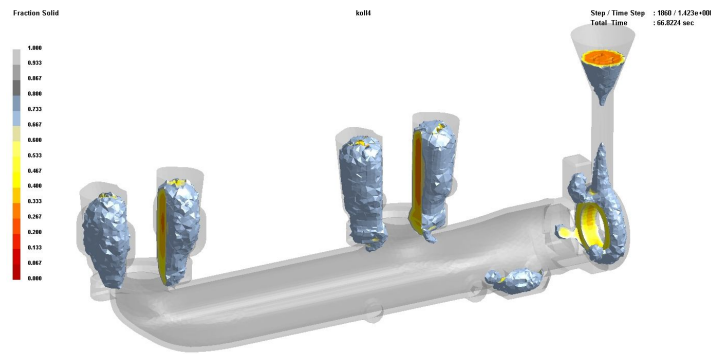


Рисунок 6 – Равномерное, направленное затвердевание в оптимизированной отливке.

УДК 621.74

Компьютерное моделирование технологии изготовления отливки «Дифференциал», изготавливаемой литьем по газифицируемым моделям

Студенты гр.104125 Калошин К.Л., Князев А.Г.
 Научный руководитель - Рафальский И.В.
 Научный консультант - аспирант Лушик П.Е.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Литьё по газифицируемым моделям по качеству фасонных отливок, экономичности, экологичности и высокой культуре производства наиболее выгодно. Мировая практика свидетельствует о постоянном росте производства отливок этим способом, которое в 2007 году превысило 1,5 млн т/год, особенно популярна она в США и, где всё больше льют отливки без ограничений по форме и размерам. Чаще всего форма из сухого песка вакуумируется на уровне 50 кПа, но также применяют формовку в наливные и легкоуплотняемые песчаные смеси со связующим. Отсутствие традиционных форм и стержней исключает применение формовочных и стержневых смесей, формовка состоит из засыпки модели песком с повторным его использованием на 95-97 %.

Целью данной работы было проведение компьютерного моделирования технологии изготовления отливки «дифференциал» (Рис. 1), изготавливаемой литьем по газифицируемым моделям для оценки наличия усадочных дефектов.

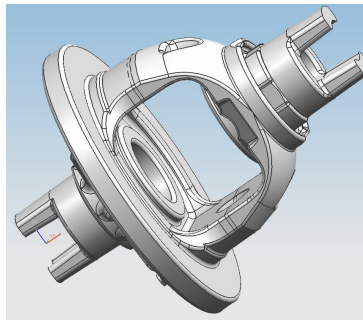


Рисунок 1 – Общий вид отливки «Дифференциал»

Для моделирования заливки были выбраны 3 вида литниковых систем: сифонная, боковая, и комбинированная.

После создания модели необходимо сгенерировать двухмерную сетку. Это наиболее быстро и удобно можно сделать в программе Visual Mesh, который является хорошим дополнением к ProCAST.

В Visual Mesh необходимо сгенерировать сетки не только для отливки, но и для формы. А также проверить на ошибки в построении, что бы не было разломов, пересечений и других дефектов. Готовую двухмерную сетку, после проверки надо экспортировать для работы с ней в ProCAST.

После того как сетка готова, открывается следующий модуль программы PreCAST. В нём задаются все условия и параметры моделируемого процесса. Геометрия должна содержать 3 элемента: часть пустого стояка, полость заполненную пеной и песчаную форму. Для материала отливки каких-либо специфических

характеристик нет. У материала пены должны быть заданы теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость и скрытая теплота (горения). Для песка необходимо дополнительно задать его газопроницаемость. Типичный диапазон значений от $1e-6$ до $1e-7$ cm^2 .

Назначение коэффициентов теплообмена между материалами отливки, пены, формы и внешней среды. В дополнение к обычному граничному условию "Heat" (для описания охлаждения формы внешней средой) и температуры впуска необходимо установить давление. Одно для верха вертикального литника и второе для внешней поверхности формы. Рекомендуется устанавливать значение в 1 атм. снаружи формы и значение несколько большее (т.е. 1.05 атм) на верхней поверхности литника.

Параметры запуска должны быть сконфигурированы как для задачи гравитационного заполнения с давлением на впуске и дополнены особыми параметрами, которые определяют перенос тепла между жидким металлом и пеной и объём фракции пены, превратившейся в газ.

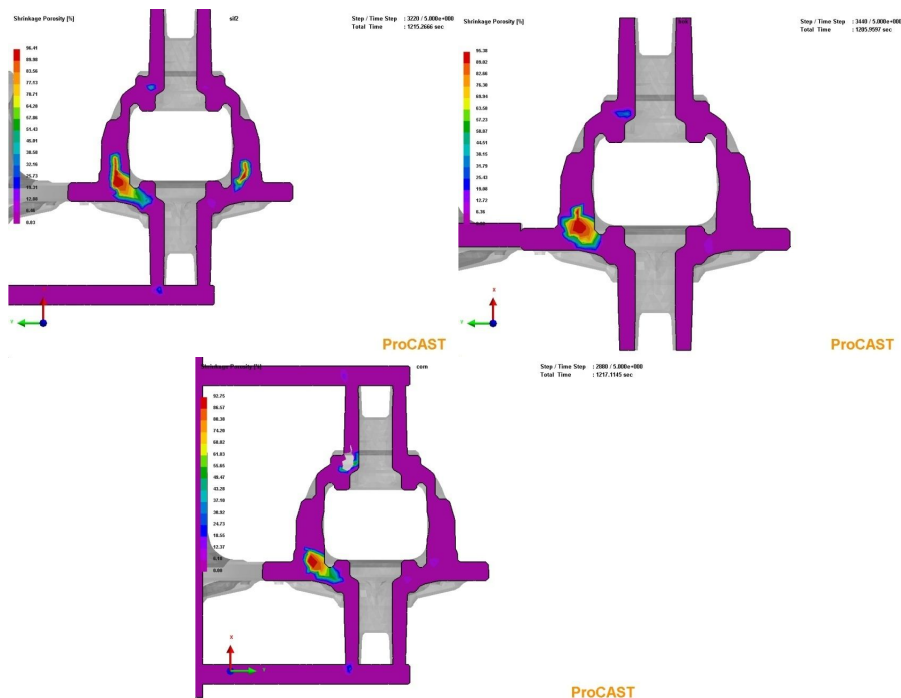


Рисунок 2 – Вероятность образования пористости при различных вариантах подвода металла

При оценке вероятности возникновения пористости (рис. 2) можно увидеть, что на внутренней части отливки может образоваться раковина, это наблюдается при использовании всех видов литниковых систем и вызвано тем что массивная часть отливки находится очень близко к стояку.

Если посмотреть на образование пористости в сечении, то видно, что дефект достаточно большой. Можно сделать несколько выводов и приемлемости использования того или иного способа подвода металла. При использовании сифонной заливки свежий металл, поступающий снизу, подогревает массивную часть отливки, которая затвердевает в последнюю очередь, в результате чего пористость появляется не только со стороны стояка, но и с противоположенной стороны. Использование комбинированной литниковой системы дало лучший результат, однако из-за подвода металла сверху увеличивается пористость в верхней части отливки. Подвод металла сбоку, на мой взгляд, показал лучшие результаты и был выбран для модификации и дальнейшего исследования.

По результатам расчетов было выявлено направление для проведения работ по оптимизации технологии изготовления отливки дифференциал, которая предусматривает подвод металла в проблемные зоны и установку прибылей на этих участках.

Студент гр.104125 Субота А.А.
 Научный руководитель – Михальцов А. М.
 Научный консультант – аспирант Лущик П.Е.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Для построения 3D модели отливки и технологической оснастки использовался пакет компьютерного проектирования UNIGRAPHICS.

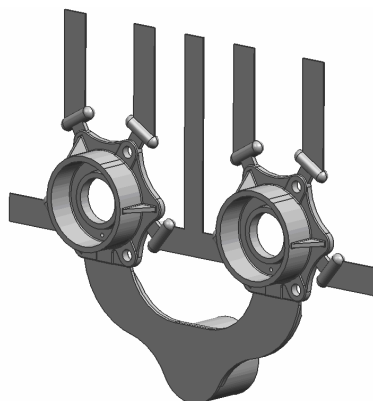


Рисунок 1 – трехмерная модель отливки «Корпус 007»

В первую очередь при моделировании литья под высоким давлением необходимо провести термоциклирование. Задачей термоциклирования является тепловой анализ нескольких циклов, для определения тепловых полей в системе отливка-форма и количества циклов, необходимых для выхода на стационарный режим. Были выбраны следующие временные параметры термоциклирования:

- Количество циклов – 10
- Длительность одного цикла – 100 с.
- Раскрытие формы на 50 с.
- Извлечение отливки через 55 с.
- Начало опрыскивания полуформ через 70 с.
- Окончание опрыскивания полуформ через 75 с.
- Закрытие формы через 90 с.

Материалом отливки был выбран алюминиевый сплав АК9М3, формообразующие плиты из стали Н13 (европейский аналог стали 4Х5МФС).

Распределение температурных полей по сечению пресс-формы после 10-го цикла и температурно-временной график представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Распределение температуры в заданной точке

На следующем этапе проводился гидродинамический и тепловой расчет с целью выявления дефектов, возникающих во время заливки металла и усадочных дефектов соответственно.

При анализе процесса заполнения было отмечено, что в некоторых областях полости формы воздух не успевает выйти из нее. Эти области будут впоследствии захлопнуты жидким металлом и при охлаждении образуют газовую пористость (рис. 3).

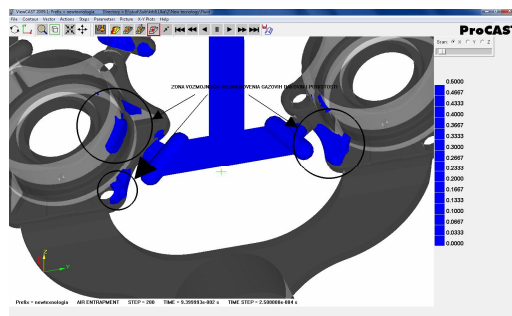


Рисунок 3 – Зоны возможного образования газовых раковин и пористости

При заливке происходит схождение двух струй жидкого металла. Окисные пленки не удаляются, т.к. к этому времени промывники уже забиты, в результате может образоваться дефект – плена.

При анализе результатов расчета заполнения формы можно использовать функцию Parameters→Particle Tracking. Она позволяет проследить траекторию движения частиц.

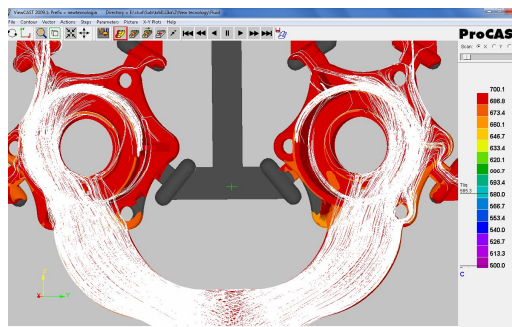


Рисунок 4 – Траектории движения частиц при заливке

После расчета получили следующее распределение пористости.

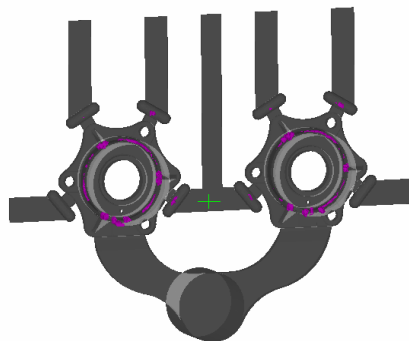


Рисунок 8 – Распределение пористости в отливке

По результатам расчета можно сделать вывод, что технология требует серьезной доработки. При заливке, в месте подвода металла возникает тепловой узел, который является концентратором усадочной пористости. Для его устранения должна быть проведена работа по корректировке каналов охлаждения пресс-формы и создания условий для направленного затвердевания. При заполнении полости формы промывники забиваются до того как из неё выйдет весь воздух, поэтому возможна корректировка положения средних промывников. Может быть изменен технологический режим литья, а также изменена марка сплава на более технологичную.

Студент гр.104115 Цуканов С.В.
Научный руководитель – Немененок Б. М.
Научный консультант – аспирант Лущик П.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью работы являлось исследование технологии получения стержня, выполняющего внутреннюю поверхность отливки 245-1003033Д «Коллектор» (Рис. 1), а также оптимизация его изготовления с учетом изменения производственного процесса.

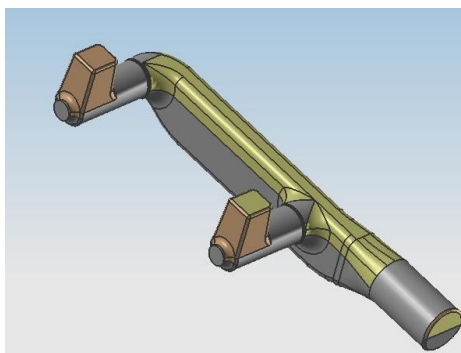


Рисунок 1 – Стержень для отливки «Коллектор» 245-1003033Д

На Минском моторном заводе стержень для производства данной отливки изготавливается методом «горячих ящиков». Этот процесс трудоемок и опасен для здоровья, т.к. вещества, используемые в качестве связующих - токсичны для человека.

Для оптимизации процесса получения стержня было предложено использовать пескоструйные машины и ХТС-процесс. Данный процесс позволяет существенно сократить техпроцесс и энергозатраты на производство одного стержня. Этот процесс не токсичен и не требует длинных конвейеров для охлаждения.

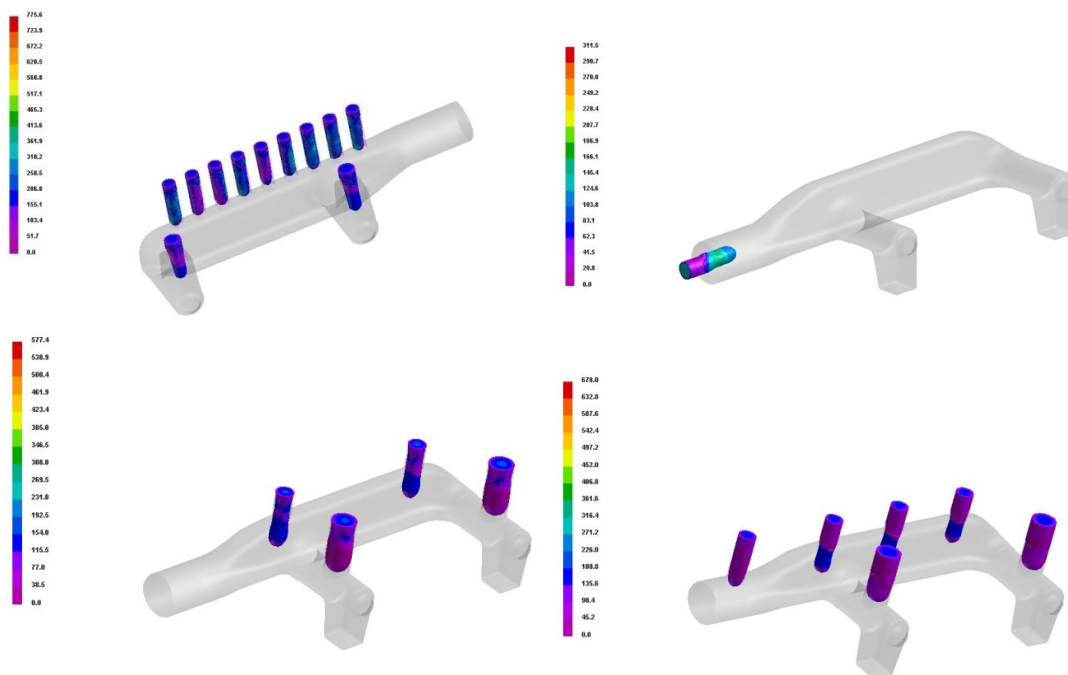


Рисунок 2 – 4 экспериментальных варианта по моделированию процесса получения стержня

Каждый вариант был промоделирован с одинаковым давлением прессования в 4 Бар. Результаты за-прессовки стержня можно видеть на рисунках 3, 4, 5 и 6.



Рисунок 3 - Заполнение полости формы стержневой смесью (способ 1)

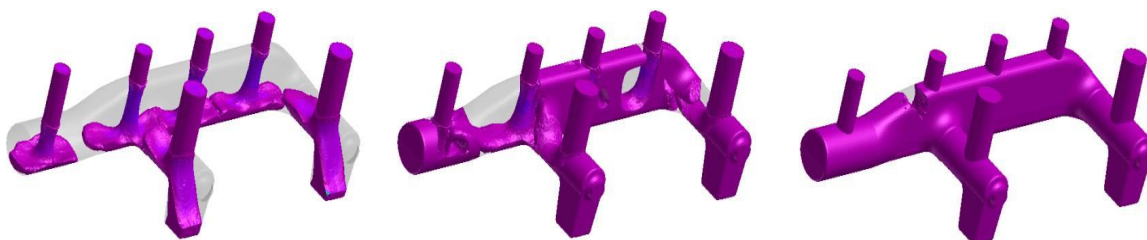


Рисунок 4 - Заполнение полости формы стержневой смесью (способ 2)

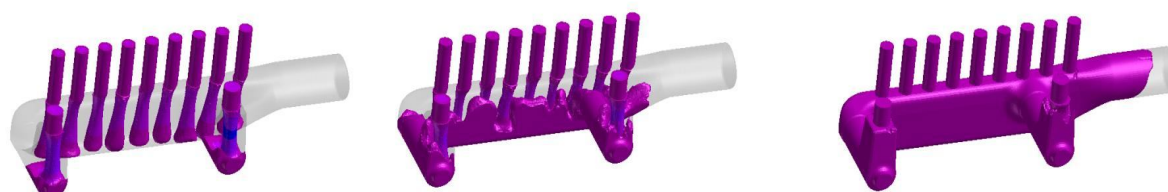


Рисунок 5 - Заполнение полости формы стержневой смесью (способ 3)



Рисунок 6 - Заполнение полости формы стержневой смесью (способ 4)

При заполнении полости формы первым способом получается брак в месте подвода струи и в знаковой части стержня. При изменении расположения вентов, значительных улучшений наполняемости не наблюдается.

Было предложено изменить количество подводящих каналов (способы 2 и 3). Во втором способе была решена проблема со знаковой частью, но осталась полость в области подвода струи песка. Третий способ обеспечивает наилучшую наполняемость полости формы, следовательно, решались обе проблемы.

Был рассмотрен вариант с горизонтальным подводом струи к стержневому ящику (способ 4). При рациональном расположении вент (в области стержневых знаков, крепящихся в форме с помощью вакуума) наполнение полости формы происходит на 100 %.

Таким образом, наиболее рациональным из рассмотренных способов является 4-ый. Происходит равномерное заполнение полости формы при малом количестве подводящих каналов, что снижает время и стоимость на обработку готового стержня. Время запрессовки данным способом составляет 0,21 сек.

**Особенности формирования структуры и свойств отливок,
получаемых литьём под высоким давлением**

Студент гр.104116 Зорик А.С.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технологический цикл литья под давлением состоит из процессов заполнения и подпрессовки. Основными недостатками процесса литья под давлением являются повышенное газосодержание и пористость изготавливаемых отливок. Наилучшие условия формирования отливки – заполнение с наименьшим захватом газов из полости формы с последующим уплотнением при направленном затвердевании отливки. Процесс передачи давления на металл, находящийся в полости формы, в период от окончания заполнения до полного затвердевания отливки называется подпрессовкой. В процессе подпрессовки осуществляется сжатие газовых включений, уменьшается усадочная пористость и улучшается структура металла. Однако не следует считать, что с помощью подпрессовки можно полностью устранить газовую пористость.

Пористость отливок при литье под давлением обусловлена не только усадкой, но также механическим запутыванием газов в запрессовываемом металле. Количество газов, замешиваемых металлом в процессе запрессовки, определяется рядом факторов, среди которых следует выделить скорости прессования и впуска, характер заполнения, наличие и действенность вентиляции, а также газотворность используемых смазок.

Для удаления газов из полости формы используют вентиляционные каналы, располагаемые, в основном, по разьёму формы. Расположение вентиляционных каналов определяется характером заполнения полости формы. Если полость формы заполняется сплошным ламинарным или турбулентным потоком, то вентиляционные каналы располагаются в местах, которые заполняются в последнюю очередь. При заполнении дисперсным потоком вентиляционные каналы рекомендуется располагать на всех участках заполнения.

Одной из причин пористости и повышенного газосодержания в отливках является газовыделение смазок, наносимых на рабочую поверхность пресс-форм, камеры прессования и прессующего поршня. Анализ смазок показывает, что в своём составе большинство из них содержат в качестве смазывающего компонента минеральные масла, парафин, воск, жиры, и растительные масла. При контакте с металлом указанные материалы подвергаются термической деструкции с образованием большого количества газообразных продуктов, что и обуславливает их отрицательное влияние на газосодержание и пористость отливок.

Для снижения пористости и газосодержания отливок с использованием мер технологического порядка (вентиляции, подпрессовки, низкогазотворные смазки) применяют также специальные мероприятия: литьё сплавов в твёрдо-жидком состоянии, кислородный способ литья, а также литьё под давлением с вакуумированием полости формы и камеры прессования.

**Анализ процесса затвердевания пробы расплава с использованием компьютерного
термического анализа кривых охлаждения литейных сплавов**

Студент гр.104126 Шестюк И.В.
Научный руководитель – Рафальский И.В.
Научный консультант – аспирант Лущик П.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Использование компьютерных систем проектирования и моделирования литейных процессов при создании технологического процесса обеспечивает разработку оптимальной и экономичной технологии изготовления отливок. Использование таких систем в производстве дает возможность минимизировать затраты уже на стадии подготовки технологического процесса за счет построения возможных технологических решений на компьютере.

Процесс построения компьютерных моделей отливок состоит из четырех основных этапов: проектирование трехмерных моделей отливки; построение конечно-элементной сетки на основе созданной трехмерной модели; задание свойств материалов, начальных и граничных условий; расчет заполнения, затвердевания отливки и анализ полученных результатов.

Этап задания свойств материалов, начальных и граничных условий наиболее важен для получения адекватных моделей. На практике программы численного компьютерного моделирования, как правило, ис-

пользуют необходимые для расчета данные (в том числе о температурах фазовых превращений, зависимости выделения твердой фазы и др.) из встроенных в них баз данных, либо рассчитываются с помощью так называемых «термодинамических калькуляторов» на основе равновесных диаграмм состояния. В связи с этим полученные данные в большинстве случаев характеризуют свойства сплавов в равновесном состоянии и, к сожалению, вне связи с реальным технологическим процессом получения отливок. Однако затвердевание литейных сплавов представляет собой весьма сложный процесс, протекающий при неравновесных условиях, под влиянием целого комплекса металлургических факторов, которые значительно, а часто решающим образом, влияют на результаты компьютерного моделирования.

Динамика процессов формирования структуры отливок в условиях неравновесного затвердевания, использование операций модифицирования и рафинирования, применение вторичных материалов для производства отливок, разнообразие составов литейных сплавов и особенностей технологических процессов их получения приводят во многих случаях к невозможности использования «термодинамических калькуляторов» для практических расчетов. Единственно возможным методом получения достоверных значений выделяющейся твердой фазы и теплофизических свойств сплавов, необходимых для адекватного моделирования литейных процессов, остается получение экспериментальных данных.

Решение указанных проблем может быть получено при использовании методов компьютерного термического анализа (КТА) тест-пробы расплава. Идентификация фазовых превращений при неравновесной кристаллизации (определение температур ликвидус и солидус), а также расчет зависимости выделения твердой фазы при использовании методов КТА проводится на основе полученных экспериментальных данных (кривых охлаждения сплава) с использованием математических моделей, являющихся решениями уравнений теплового баланса системы «расплав-форма».

В настоящей работе был выполнен анализ экспериментальных данных, полученных при термическом анализе алюминиевых сплавов в стандартизованные тест-стаканчики. Было установлено, что определение начала кристаллизации сплава и расчет функции выделяющейся твердой фазы осложняются наличием интенсивных «шумовых» помех на участке жидкофазного состояния сплава.

Тем не менее, полученные в работе математические соотношения, связывающие теплофизические свойства сплава с температурно-временными зависимостями, позволяют проводить вычисления выделяющейся в интервале кристаллизации твердой фазы литейного сплава и идентифицировать момент начала кристаллизации сплава по кривым охлаждения сплавов с использованием стандартизованных наливных измерительных тест-стаканчиков при проведении термического анализа. Полученные результаты обеспечивают возможность корректной оценки значений коэффициента теплоотдачи при расчетах процесса выделения твердой фазы в литейных сплавах и использовании данных термического анализа кривых охлаждения сплавов с применением наливных тест-проб для получения адекватных компьютерных моделей литейных процессов.

Материаловедение в машиностроении

Современные условия производства диктуют определенные требования к параметрам технологических процессов, заключающиеся в снижении энергоемкости и повышении экологической безопасности производства. Существует множество видов и технологий нанесения коррозионностойких цинковых покрытий и диффузионных слоев. Однако большинство из них характеризуется значительной степенью энергоемкости, что в условиях современного производства требует замены на экономически более выгодный процесс. В связи с этим возникает необходимость поиска новых путей в сфере нанесения защитных цинковых покрытий, повышающих эксплуатационные свойства изделий с учетом вышеперечисленных требований.

При изучении методов цинкования следует обратить внимание на процессы термодиффузионного цинкования в порошковых средах [1]. Данный метод позволяет получать коррозионностойкие диффузионные слои на изделиях практически любых форм и размеров, является экологически безопасным и, в дополнение к этому, перспективен с точки зрения совершенствования технологических параметров процесса. В частности, с целью сокращения времени цинкования и снижения расхода насыщающих компонентов исследуется влияние различных защитных атмосфер, вакуума и применения псевдоожиженных насыщающих сред [2,3]. Существенное внимание уделяется повышению технологичности насыщающих смесей и снижению в их составе вредных активаторов [4].

Анализ свойств цинковых покрытий (диффузионных слоев) и условий их применения в различных областях промышленности показывает, что цинковые покрытия должны обладать не только повышенной коррозионной стойкостью, но также быть устойчивыми к абразивному изнашиванию и иметь высокую степень сцепления с поверхностью защищаемого изделия. С учетом этого, следует принять во внимание и данные источника [5,6], где авторы приводят примеры многокомпонентного цинкования с добавлением различных примесных элементов. Присутствие Al, Cu, Ti, Mg и других элементов оказывает положительное влияние на механические характеристики диффузионных слоев и, что наиболее важно, на коррозионную стойкость слоя в целом. Такие слои обладают в 2 – 2,3 раза более высокой коррозионной стойкостью по сравнению с однокомпонентными цинковыми слоями [5]. При легировании цинковых слоев алюминием, медью и титаном наблюдалось уменьшение хрупкости цинковых слоев в 1,1 – 1,3 раза, а так же повышение их износостойкости в 1,2 – 1,3 раза [5].

В последнее время все большую актуальность приобретает цинкование длинномерных изделий [7]. К одним из перспективных направлений в данной сфере промышленности, помимо термодиффузионного цинкования, следует так же отнести процессы газотермического напыления цинка в совокупности с последующей термообработкой, что позволит получать слои повышенной прочности и износостойкости. Предполагается, что данный метод цинкования будет наиболее перспективен при обработке длинномерных изделий с большой площадью поверхности.

Основными направлениями, касающимися интенсификации процессов цинкования, является использование высокопроизводительных методов нагрева (индукционный нагрев), возможность применения индукционного нагрева на всем протяжении процесса цинкования (особенно актуально для длинномерных изделий) а так же создание технологий, позволяющих выгодно применять рекристаллизационные процессы (предварительный наклеп металла, прокатка, дробеструйная обработка).

Таким образом, исследование и совершенствование данных методов цинкования представляет наибольший интерес с точки зрения создания высокоэффективных, энергосберегающих и экологически безопасных технологий защиты металлов от коррозии.

Литература

1. Е.В. Проскуркин, Н.С. Горбунов, Диффузионные цинковые покрытия, Москва, Металлургия 1972, 248с.
2. Ю.А. Баландин, А.С. Колпаков, Е.В. Жаров, Диффузионное комплексное цинкование в виброкипящем слое как способ повышения коррозионной стойкости деталей машин. // Автомобильная промышленность, 2006, №11 С. 31-32.
3. В.И. Муравьев, П.В. Бахматов, А.А. Евстегнеев, А.А. Дебеляк, Интенсификация процессов диффузионного легирования металлами и металлоидами поверхностных слоев деталей из конструкционных материалов. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009, №6 С. 28-38.
4. Р.Г. Галин, А.Л. Ворошнин, Новая технология изготовления порошковых насыщающих смесей для диффузионного цинкования. // Металловедение и термическая обработка металлов, 1996, №1 С. 21-25.
5. Ю.А. Баландин, А.С. Колпаков, Е.В. Колпаков, Диффузионное многокомпонентное цинкование стали 40Х в виброкипящем слое // Металловедение и термическая обработка металлов, 2009, №1 С. 46-49.

6. Itzhak Rosenthul, Коррозионностойкое диффузионное полиметаллическое покрытие и метод его нанесения, Патент, US, 7241350 C23C2/00, 10.07.2007.

7. Е.В. Проскуркин, И.В. Петров, Инновационная технология цинкования “Неоцинк” – новые возможности для защиты от коррозии длинномерных металлических изделий и конструкций. // Национальная металлургия, 2009, С. 72-77

621.735.042

Исследование окалинообразования в процессе изготовления поковок при различных типах нагрева

Магистрант Гуринович А.С.

Научный руководитель – Михлюк А.И.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В целях снижения образования окалины, влияющей на качество и стоимость выпускаемой продукции, в условия кузнечно-штампового производства ОАО «МАЗ» были проведены исследования по определению величин её образования при различных типах нагрева.

Исследования проводились на следующем оборудовании:

- газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой без автоматизированной системы управления работы горелок 1975 г. выпуска производства «МАЗ»;

- газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой ПНП-300 с автоматизированной системой управления горелок 2009 г. выпуска;

- кузнечной индукционный нагреватель (КИН) для нагрева заготовок Ø40...60 мм.

Нагреву подвергались заготовки из углеродистой стали Ст3, содержащей 0,02% Сr, 0,05 % Ni, 0,02 % Сu и хромоникелевой стали 20ХНЗА, содержащей 0,78 % Сr, 2,88% Ni, 0,14% Сu.

Во время нагрева в газовых печах определялся коэффициент избытка воздуха (1,05; 1,25; 1,45), температура (1250-1300 С⁰), продолжительность нагрева заготовки (3 часа).

Следует отметить, что регулировка соотношения газ-воздух (коэффициент избытка воздуха) в газовой печи для нагрева 1960 г. выпуска затруднительна.

Газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой ПНП-300 оснащена автоматизированной системой управления газовыми горелками, архивом режима нагрева заготовок, автоматизированной системой подачи заготовок.

В кузнечном индукционном нагревателе одновременно находится 12 заготовок, расположенных одна за другой. Темп нагрева заготовки – 14 сек. Время нагрева одной заготовки осуществляется в течение 168 с. Время нахождения заготовки в интервале температур более 570 °С составляет 70 сек.

Результаты исследований

При нагреве в газовых печах производства «МАЗ» и ПНП-300 на поверхности углеродистой стали образуемая окалина не сохраняется при всех значениях коэффициента избытка воздуха. Толщина отделившейся окалины на углеродистой стали максимальна.

При нагреве в газовых печах производства «МАЗ» и ПНП-300 на поверхности легированной стали образовалась плотная «прилипшая» окалина. При коэффициенте избытка воздуха 1,45 толщина окалины минимальна.

При одинаковых режимах нагрева толщина образовавшейся окалины в печи производства «МАЗ» превышает значения образовавшейся окалины при нагреве в печи ПНП-300 в 1,6 раза. Это связано с тем, что регулировка и поддержание требуемых параметров печи производства «МАЗ» осуществляется вручную и требует постоянного контроля со стороны рабочих-кузнецов.

Коэффициент избытка воздуха 1,45 способствует уменьшению потерь металла на окисление на 20 и 40% для углеродистой и легированной сталей соответственно по сравнению с потерями при нагреве с коэффициентом избытка воздуха 1,25.

Наименьшая толщина образовавшейся окалины была получена при нагреве заготовок в КИН-е, что связано с ускоренным нагревом.

Заключение:

Установлено, что автоматизация процессов нагрева в газовой нагревательной печи позволяет уменьшить величину окалины до 30 %. Также величина коэффициента воздуха 1,45 снижает окалинообразование на 20 % для углеродистой и на 50 % для хромоникелевой стали по сравнению с коэффициентом избытка воздуха 1,25. Наименьшая толщина окалины была получена при нагреве заготовок в КИН-е.

УДК 621.78

Исследование структуры, механических свойств и обрабатываемости поковок из хромоникелевых сталей после термической обработки с регулируемыми режимами нагрева

Магистрант Яковчик А.И.
Научный руководитель – Гурченко П.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Обрабатываемость материала является комплексной характеристикой и определяется силой и скоростью резания, качеством обрабатываемой поверхности, видом стружки и т.д. При выбранных условиях резания и типе инструмента обрабатываемость определяется исходной структурой и твердостью, сформированными в процессе предварительной термической обработки, а также устойчивостью структуры и ее способностью претерпевать фазовые превращения при резании. Подготовка структуры поковок в процессе предварительной термической обработки является сложной задачей, т.к. для каждой операции резания существует своя оптимальная структура.

При предварительной термической обработке по серийной технологии вместо твердости 156-229 НВ по ТУ, фактическая твердость для стали 20Х2Н4А составляла 248-315 НВ, а для стали 20ХН3А - 241-255 НВ. Микроструктура поковок соответствовала трооститу, троостосорбиту или типу структур, ухудшающих обрабатываемость: сорбитообразному перлиту, ферриту игольчатого строения или неравномерного распределения.

Ухудшение обрабатываемости поковок из сталей 20ХН3А и 20Х2Н4А связано также с наличием малоуглеродистого мартенсита, имеющего высокую твердость.

Установлено, что после предварительной термической обработки поковок из стали 20Х2Н4А и 20ХН3А по технологии МАЗ наблюдаются существенные колебания твердости в пределах 187-285 НВ и нестабильность структуры поковок. Показано, что для поковок с неудовлетворительной обрабатываемостью характерны типы микроструктур:

- перлитно-мартенситная структура с преобладанием малоуглеродистого мартенсита (твердость 318-397 НВ_{0,2}), неравномерно расположенного в полосчатой структуре с содержанием близким к 100% в одних строчках и перлитно-мартенситной структуре в других. Неудовлетворительная обрабатываемость поковок с такой структурой обусловлена наличием малоуглеродистого мартенсита и повышенной твердостью;
- выраженная полосчатая структура зернистого перлита и феррита с твердостью 187-225 НВ_{0,2} с неравномерным распределением перлита в смежных полосах (строчках);
- относительно однородная сорбитообразная структура с твердостью 212-222 НВ_{0,2} с незначительной полосчатостью.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что хорошей обрабатываемостью резанием обладают поковки с дифференцированной структурой феррита и перлита. Микротвердость феррита должна быть в пределах 140-220 - Н₅₀, перлита - менее 300 Н₅₀. Абсолютная разность величин микротвердости феррита и перлита должна быть менее 70Н₅₀. По границам зерна допускается разорванная сетка коагулированных карбидов размером менее 1 мкм и не допускается сплошная сетка карбидов. Полосчатая неоднородность не допускается.

УДК 621.78.066.6

Оптимизация режимов отпуска быстрорежущей стали

Магистрант Базылик Д.В.
Научный руководитель – Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме энергосбережения, а также оценка твердости, ударной вязкости и теплостойкости при термической обработке быстрорежущих сталей с использованием пониженного и изосклерного отпуска.

По литературным данным [1,2] использование двукратного изосклерного отпуска после закалки (повышение температуры отпуска с уменьшением времени выдержки) обеспечивает аналогичные свойства быстрорежущей стали, как и после широко используемого трехкратного отпуска при 560 °С, использование пониженного отпуска непосредственно после закалки повышает ударную вязкость. Образцы из стали Р6М5 размером 10х10х55мм были подвергнуты термическим операциям:

- Закалка с 1220°С в масло;

- Предварительного отпуска 250...450°C с выдержкой 0,5...1,5 часа;
- Изосклерному отпуску при температурах 580...620°C и времени выдержки 0,3...0,8 часа.

После закалки отпуск проводился в различной последовательности и при различных температурно-временных параметрах.

Твердость, теплостойкость и ударная вязкость полученные после предлагаемых видов ТО сравнивались со значениями после стандартной термической обработкой $t_{\text{заж}}=1220^{\circ}\text{C}$, трехкратный отпуск по 1 часу при 560°C.

В результате исследований установлено, что использование изосклерного отпуска позволяет повысить твердость на 1...1,5 HRC, теплостойкость сохраняется на уровне стали подвергнутой термической обработке по стандартному режиму. Применение предварительного низкотемпературного отпуска перед изосклерным позволяет повысить ударную вязкость на 23...46% в зависимости от температурно-временных параметров.

Экономия энергии при использовании изосклерного отпуска образуется за счет уменьшения тепловых потерь печью-ванной при сокращении времени нагрева со 180 мин. при трехкратном отпуске до 20-50 мин. Дополнительный расход энергии возможен за счет излучения зеркалом ванны при повышении температуры расплава.

Тепловой баланс печи-ванны при обработке 1 кг режущего инструмента показывает, что энергозатраты при использовании изосклерного отпуска позволяют сэкономить 6-8 кДж.

Выводы:

1. Изосклерный отпуск не снижает твердость и теплостойкость быстрорежущей стали по сравнению со стандартными режимами ТО.

2. Оптимальные температурно-временные режимы предварительного и изосклерного отпуска позволяют повысить ударную вязкость на 23-46%.

Литература

1. Смольников Е.А. Термическая и химико-термическая обработка инструментов в соляных ваннах. – Москва: Машиностроение, 1989.
2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – Москва: Металлургия, 1968

УДК 669.041

Исследование процессов окисления и обезуглероживания при форсированном нагреве проволоки из высокоуглеродистой стали

Студенты гр.104215 Серегин А.Ю., Муравейко А.С., гр. 104517 Зданович О.В.
 Научный руководитель – Стефанович В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Цель работы: Исследование процессов окисления и обезуглероживания при форсированном нагреве проволоки из высокоуглеродистой стали.

Нагрев проволоки под патентирование осуществляется в многозонной топливной печи без муфельирования продуктов сгорания топлива. Сжигание топлива осуществляется с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 0,9$, что обеспечивает создание защитной атмосферы. Для установления возможности сжигания газа с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 1,05 - 1,10$ в первых зонах, с температурой проволоки не превышающей 800-900°C, и временем прохождения 13 - 18 с, были выполнены исследования по обезуглероживанию и окислению поверхности проволоки при температурах 600°C, 1070°C и времени выдержки при 600 °C $\tau = 10$ секунд, 1070 °C $\tau = 6; 13; 18; 23$ с. в окислительной атмосфере. Данные температурно-временные параметры соответствуют процессу нагрева под патентирование.

В результате исследования установлено, что при выдержке 10 с в печи с температурой 600 °C на поверхности проволоки отсутствуют следы окисления. При нагреве проволоки в течение 10 с в печи с температурой 600°C + 6 с при температуре 1070 °C на поверхности проволоки появляются цвета побежалости. Металлографические исследования показали отсутствие обезуглероживания и окисления. При увеличении времени выдержки в печи до 13 с при температуре $\tau = 1070$ °C на поверхности формируется слой окалины толщиной 0,8 - 1, обезуглероживание отсутствует (рисунок 1, а).

Увеличения времени выдержки при 1070 °C до 18 с приводит к росту слоя окалины до 1,4 - 1,8 мкм. И образованию обезуглероженного слоя толщиной 6 - 7 мкм. Дальнейшее увеличение выдержки до 23 с. Приводит к увеличению толщины окисленного слоя до 10 - 20 мкм. Таким образом, в результате исследования установлено, что при нагреве проволоки в течение 10 сек с температурой печи 600 °C и 13 с с температурой 1070 °C окисление и обезуглероживание отсутствует; при выдержке 18, 23 с с температурой печи

1070°C обезуглероживание и окисление поверхности недопустимо для процесса патентирования проволоки из углеродистой стали. В начальных зонах печи атмосфера может быть окислительной, топливо сжигаться с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 1,05 - 1,10$.

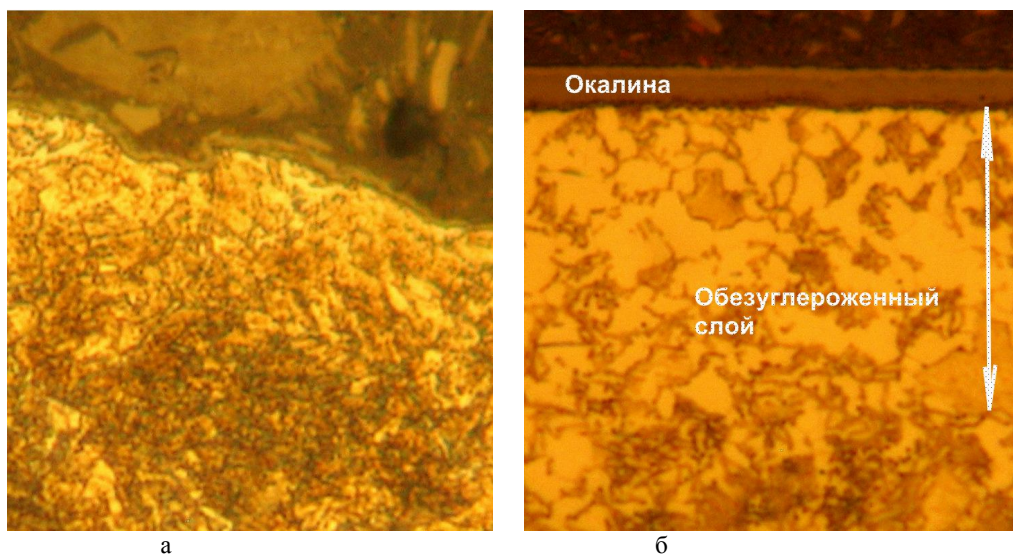


Рисунок 1: а – микроструктура проволоки при выдержке 13с, x1000;
б – микроструктура проволоки при выдержке 18с, x1000

УДК 621.9.048.7 : 533.9

Плазменная резка углеродистых сталей

Магистрант Назарова О.И., студент группы 104515 Кирильчик А.А.
Научный руководитель – Крылов-Олефиренко В.В.
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является определение влияния условий плазменной резки на изменение свойств сталей разной толщины.

В качестве материала исследования были использованы низкоуглеродистая сталь 20 с толщиной листа 40 мм и высокоуглеродистая сталь У8А с толщиной листа 25 мм. Плазменная резка проводилась с тремя скоростями, значения которых выбирались в зависимости от типа стали и толщины листа.

Задача плазменной разделительной резки - вырезка контуров с перпендикулярными кромками в соответствии с заданными размерами. Предполагается, что поверхности резов должны быть ровными и гладкими, а качество металла у кромок равноценно качеству основного металла. Однако из-за несовершенства процессов резки не всегда удается выполнить указанные требования.

Наиболее характерными отклонениями от этих требований являются неплоскостность и неперпендикулярность поверхностей реза из-за непостоянства сечения плазменно-дугового реза по высоте. Это вызвано тем, что различные участки режущей дуги вводят в разрезаемый металл неодинаковое количество теплоты, а следовательно, на различной глубине реза расплавляется неодинаковое количество металла.

В верхней части реза, в которой металл может расплавляться за счет излучения столба разряда, теплопередача равномерна и рез имеет параллельные кромки. Тепловую энергию в нижнюю часть реза может вводить факел дуги. Температура плазмы в факеле и интенсивность теплопередачи постепенно уменьшаются по высоте к нижней части реза, поэтому кромки реза на этом участке сходятся книзу. Наиболее интенсивно передает тепловую энергию активное пятно дуги. В зависимости от его расположения по глубине реза или зоны его перемещения, а также от толщины разрезаемого металла рез может получиться уширенным сверху, книзу или иметь бочкообразную форму. Расположение активного пятна дуги в полости реза зависит от параметров дуги, характера ее формирования, скорости резки, толщины и свойств разрезаемого металла. При изменении этих параметров изменяется и форма сечения реза. Так, при уменьшении скорости резки

общая ширина реза увеличивается, особенно в нижней его части, поверхности реза становятся почти параллельными относительно друг друга, при очень малых скоростях в нижней части рез расширяется.

Быстрое перемещение теплового источника (режущей дуги) существенно уменьшает передачу теплоты в металл от поверхности реза. Это в свою очередь ограничивает протяженность участков зоны термического влияния и изменение структуры металла в них, а, следовательно, уменьшение термических напряжений и деформаций в вырезанных заготовках. Ограниченный по времени нагрев и более «короткий» термический цикл плазменной резки при обработке слабозакаливающихся сталей сопровождается минимальными изменениями металла у поверхности реза.

Характер и размеры зоны термического влияния зависят от состава и толщины разрезаемого металла, рабочего тока и скорости резки. Перекристаллизация с изменением фазового состава и структуры сопровождается появлением напряжений, которые могут в некоторых случаях привести к образованию трещин в поверхностных слоях зоны термического влияния

Проведено исследование упрочнения низкоуглеродистой стали 20 толщиной 40 мм и высокоуглеродистой стали У8А толщиной 25 мм при плазменной резке. Резка осуществлялась с тремя скоростями, различными для каждой стали. Размеры зоны термического влияния и степень упрочнения определялись по изменению твердости. Измерения проводились непосредственно на поверхности реза и перпендикулярно к поверхности реза. На поверхности реза устанавливалось изменение значений твердости по толщине металла, перпендикулярно к поверхности реза – в зависимости от расстояния до поверхности реза.

Установлено, что наибольшее упрочнение соответствует средней по толщине зоне листа для обеих сталей. Определено распределение твердости по толщине листа.

Установлена зависимость упрочнения от расстояния от поверхности реза. Показано, что наибольшее упрочнение соответствует поверхности реза, с увеличением расстояния от поверхности оно убывает. Отмечено наличие участков с аномальными значениями твердости.

УДК 621.9.048.7: 533.9

Перспективы развития плазменной технологии резки

Магистрант Назарова О.И.
Научный руководитель – Соколов Ю.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является обоснование перспективного развития плазменных технологий резки, описание ее преимуществ перед другими способами резки листового металлического материала

Плазменная резка – успешно развивающееся направление в области плазменных технологий. На сегодняшний день это наиболее эффективный способ резки листового металлического материала по сравнению с газокислородной, лазерной, гидроабразивной резкой.

Применение технологических процессов плазменной резки обуславливает высокие скорости резки и высокое качество поверхности реза цветных металлов, углеродистых и легированных сталей. Так, с помощью лазерного излучения возможна резка листов толщиной до 8–10 мм. По сравнению с лазерной преимущественно плазменной резки является возможность обработки значительно более широкого по толщине диапазона листов (до 100 мм) при хорошем качестве реза. При малых и средних толщинах металла газокислородная резка значительно уступает плазменной.

Особенно проявляются достоинства плазменной резки при изготовлении из листового материала деталей сложной геометрической формы. В данном случае производительность резания в несколько десятков раз превышает производительность фрезерования. При этом точность размеров и формы вырезаемых изделий может быть достаточно высокой, что для некоторых деталей исключает необходимость их дополнительной механической обработки. Путем соответствующей установки сопла можно резать листы под углом, что осуществляется весьма эффективно.

Плазменная резка относится к способам тепловой резки металлов и характеризуется сложными явлениями преобразования электрической энергии источника тока в тепловую энергию плазменной дуги, интенсивным сжатием ее столба в формирующей камере плазмотрона и сквозным проплавлением плазменной дугой разрезаемого металла с выдуванием расплава из полости реза. При этом температура прилегающих к линии реза микрообъемов убывает от температуры плавления на границе до комнатной температуры на некотором расстоянии, называемом зоной влияния. После завершения резки металл остывает. Фактически происходит локальная термообработка металлов в зоне влияния. Соответственно изменяются структура и механические свойства металла.

Плазменно-дуговые процессы протекают при наличии газовой плазмообразующей среды. В качестве плазмообразующих газовых сред применяют аргон, азот, воздух, смеси аргона и азота с водородом, аммиак.

Воздух как плазмообразующий режущий газ наряду с очевидными экономическими преимуществами обладает наиболее высокими теплофизическими показателями.

Наибольшая возможная скорость плазменной резки зависит от толщины разрезаемого металла, мощности режущей дуги, вида плазмообразующего газа, а также расстояния от среза сопла до обрабатываемого изделия. Немаловажным фактором при плазменной резке являются точность и качество поверхности деталей, вырезаемых плазменной резкой, которые определяются следующими основными показателями: соответствием заданных размеров вырезаемых деталей или заготовок фактическим размерам вырезанных контуров; шероховатостью поверхности реза; зоной термического влияния.

Полученная заготовка подвергается, как правило, дальнейшей механической и/или термической обработке, т.к. неоднородность распределения механических свойств по ее сечению (вблизи поверхности реза) может оказаться причиной снижения эксплуатационных характеристик и работоспособности готовых изделий.

Разделительная плазменная резка широко применяется в промышленности и строительстве в качестве как предварительной, так и окончательной операции изготовления деталей.

УДК 699.041

Оценка увеличения производительности печи для нагрева под патентирование в защитной атмосфере

Студенты гр.104215 Серегин А.Ю., Муравейко А.С., гр. 104517 Зданович О.В.
 Научный руководитель – Стефанович В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Цель работы: оценить увеличение производительности печи для нагрева под патентирование в защитной атмосфере.

При нагреве проволоки под патентирование атмосфера печи является защитной, предотвращая окисление и обезуглероживание. Толщина окисной пленки и шероховатость её поверхности определяют степень черноты нагреваемого тела, которая оказывает влияние на коэффициент теплоотдачи и скорость нагрева проволоки. Степень черноты нагреваемого тела изменяется в широких пределах: $E = 0.52..0.61$ для стали не окисленной, шлифованной; $E = 0.77 - 0.79$ для стали окисленной при 600°C ; $E = 0.94..0.97$ для стали окисленной шероховатой.

Для оценки изменения производительности печи использовали программу для расчета температурно-временных параметров при нагреве проволоки в агрегате патентирования [1]. Переменными при расчете являлись степень черноты тела E , которая изменялась от 0.7 до 0.95, и скорость движения проволоки. Скорость движения проволоки для каждого значения E подбиралась таким образом, чтобы температура проволоки по рабочему пространству была одинаковой (таблица 1).

Таблица 1. Распределение температур проволоки (диаметр 1,78 мм) по зонам печи

	$E=0,7$	$E=0,78$	$E=0,85$	$E=0,9$	$E=0,95$
Температура печи по зонам, $^{\circ}\text{C}$	Температура проволоки по зонам, $^{\circ}\text{C}$				
Зона 0= 600	202	201	198	198	196
Зона 1=1050	596	599	596	602	597
Зона 2=1020	820	824	823	828	823
Зона 3= 990	906	909	908	912	910
Зона 4= 990	946	948	948	951	949
VD	70	76	82	86	90
Производительность, тонн/час	1,8	1,98	2,13	2,23	2,34
Время, сек.	33,7	31,1	28,8	27,4	26,2

Расчет производился для проволоки диаметром 1.78мм. Результаты показывают, что время нагрева проволоки при $E = 0,7$ составляет 33,7 с, а при $E = 0,95 - 26,2$ с, т.е. время нагрева сократилось в 1,22 раза. Расчет производительности (рис.1) показывает, что увеличение коэффициента черноты с 0,7 до 0,95 увеличивает производительность на 30%.

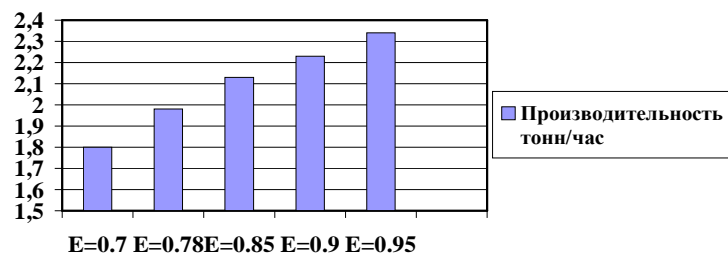


Рисунок 1. Зависимость производительности печи от степени черноты тела.

Литература

1. Савенок А.Н., Стефанович В.А., Игнатенко О.И. «Форсированный нагрев – эффективный способ повышения производительности термического оборудования». – Минск: БНТУ, 2008г.

УДК 621.785.797

Влияние режима непрерывного отжига на механические свойства стали 70

Студент гр. 104515 Кирильчик А.А.
 Научный руководитель – Крылов-Олефиренко В.В.
 Физико-технический институт НАН Беларуси
 г. Минск

В производстве металлокорда сильнодеформированную высокоуглеродистую сталь подвергают непрерывному патентирующему отжигу для восстановления пластических свойств и способности к дальнейшей пластической деформации. Эту операцию проводят на гальванотермическом агрегате непрерывного действия. Длительность этой термообработки составляет 30 – 50 с в зависимости от диаметра проволоки.

В данной работе проведено исследование влияния скорости нагрева, температуры нагрева, длительности изотермической выдержки, скорости охлаждения до температуры изотермической закалки на получаемые свойства стали при такой термообработке.

В качестве материала исследования использовалась проволока-заготовка после среднего волочения диаметром 1,5 мм из стали 70. Нагрев образцов проводился на установке электроконтактного нагрева УКН – 3. Каждый образец снабжался термопарой ХА, диаметр проволоки 0,2 мм. Запись и регистрация температуры осуществлялась с помощью быстродействующего потенциометра КСП – 4 со временем пробега всей шкалы 1 с. Для исключения окисления и обезуглероживания поверхности термообработка проводилась в инертной атмосфере.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние температуры нагрева различно при нагреве без изотермических выдержек и с изотермическими выдержками. При отсутствии выдержки пределы текучести и прочности имеют минимальное значение при температуре 900 °С, затем возрастают до максимального значения при температурах 925-950 °С. Предел прочности остается практически постоянным при дальнейшем повышении температуры, а предел текучести понижается при нагреве до 975 °С и далее почти не изменяется до температуры 1050 °С. Величина относительного удлинения также больше для 925 °С по сравнению с величиной для 900 °С, она остается почти постоянной для температур 925-975 °С и снижается при более высоких температурах. С увеличением скорости нагрева от 50 до 200 °С/с возрастают все исследованные механические свойства, причем наиболее активно в интервале 100-200 °С/с.

Зависимость механических свойств от длительности изотермической выдержки различна для разных температурных интервалов нагрева. Для температуры 900 °С свойства возрастают с увеличением длительности выдержки, для температур 925-950 °С практически одинаковы для режимов нагрева с выдержками и без выдержек, для более высоких температур свойства при нагреве с выдержками немного выше, чем при нагреве без выдержки.

Показано, что увеличение скорости охлаждения приводит к повышению прочностных характеристик материала.

Температура изменения скорости нагрева оказывает немонокотное влияние как на структуру, так и на механические свойства исследуемой стали. Наиболее высокие прочностные свойства получены для температур перегиба 575 и 700 °С. Однако наиболее стабильные значения достигаются в области температур 600-650 °С.

Особенности структурообразования при нормализации поковок из хромоникелевых сталей в условиях ОАО «МАЗ»

Студентка гр.104215 Михлюк М.А.,
инженер-технолог КЦ ОАО «МАЗ» Яковчик А.Н.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение процесса нормализации поковок из хромоникелевых сталей в условиях ОАО «МАЗ».

Хромоникелевые стали, в частности стали 20ХН3А и 20Х2Н4А, предназначены для изготовления тяжело нагруженных зубчатых передач различных машин, например шестерен главной передачи автомобиля МАЗ. Технологический процесс их изготовления состоит из следующих стадий: получение поковки, предварительная термическая обработка, механическая обработка, в первую очередь зубонарезка, окончательная термическая обработка (ХТО) и механическая обработка. Предварительная термическая обработка данных поковок играет решающую роль в формировании микроструктуры, обеспечивающей наилучшие режимы механической обработки. Поэтому к их микроструктуре предъявляются особые требования, а именно: наилучшей структурой поковок по обрабатываемости является дифференцированная феррито-перлитная с баллом зерна 5-8, при твердости в интервале 156 – 241 НВ.

Ухудшение обрабатываемости поковок из сталей 20ХН3А и 20Х2Н4А связано с наличием малоуглеродистого мартенсита или бейнита, имеющих повышенную твердость. Известно, что переохлажденный аустенит хромоникелевых сталей с содержанием 3–4 % никеля весьма устойчив до температуры 650°C. При дальнейшем понижении температуры, в зависимости от скорости охлаждения, происходит его распад как в интервале перлитного превращения, так и бейнитно-мартенситного.

Поковки из конструкционных легированных и углеродистых сталей, в зависимости от требований технической документации, подвергаются следующим видам предварительной термической обработки: изотермическому отжигу, нормализации, улучшению.

Для хромоникелевых сталей 20ХН3А или 20Х2Н4А с целью достижения наилучшей обрабатываемости резанием оптимальным является проведение изотермического отжига по следующему режиму: нагрев до температуры 920-950 °С, далее охлаждение с печью до $t = 700 - 600$ °С выдержка (6–8 часов) для полного распада переохлажденного аустенита и охлаждения на воздухе. Одно из преимуществ изотермического отжига состоит в получении однородной структуры, т.к. при длительной выдержке превращение по всему объему поковки происходит при одинаковой степени переохлаждения.

Однако определяющим недостатком этой операции является ее энергоемкость и длительность. Кроме того, для её осуществления требуется специальное дорогостоящее оборудование. Поэтому поиск оптимальных режимов нормализации с получением структуры, обеспечивающей хорошую обрабатываемость, для данного класса поковок, является задачей актуальной как с научной, так и практической точки зрения. Существующее современное термическое оборудование для нормализации поковок позволяет проводить подобные работы и достигать положительного результата.

Так на ОАО «МАЗ» в агрегате для нормализации APN-1800 (Польша) проводится нормализация поковок из хромоникелевых сталей. Данный агрегат кроме камеры нагрева (нормализации) имеет камеру подстуживания, время нахождения в которой и температуру в ней можно регулировать в определенных пределах. Это позволяет регулировать скорости охлаждения поковок и соответственно достигать определенной микроструктуры.

Была проведена нормализация нескольких опытных партий поковок с последующим охлаждением в камере подстуживания с различной температурой и длительностью выдержки. Температура в камере подстуживания изменяли в интервале от 550 до 700 °С, время выдержки от 0,4 до 1,2 часа.

Установлено что оптимальным режимом охлаждения поковок из хромоникелевых сталей в камере подстуживания после нормализации является температура 650–680 °С с длительностью выдержки 0,5–0,6 часа.

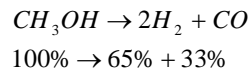
В результате формируется микроструктура феррит и перлит пластинчатый 1-2 балла по ГОСТ 823356, которая является приемлимой для последующей механической обработки, в первую очередь для операции зубонарезки как наиболее трудоемких и высокоточных.

Студент гр.104515 Щурский П.А., гр.104215 Босовец А.Н.
 Научный руководитель – Щербаков Э.Д.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В универсальном агрегате швейцарской фирмы “SOLO”, элеваторного типа, возможно проведение различных видов ТО и ХТО: закалки, отпуска, отжига, цементации, нитроцементации, азотирования, карбонитрирования. На передней панели расположены два разных расходомера и манометр.

Газом-носителем служит технический азот. Он переносит пары спирта в рабочее пространство печи из специального бака.

Когда метанол (этанол) вводится в нагретую печь, то он расщепляется на $H_2 + CO$. Образуется контролируемая атмосфера с регулируемым углеродным потенциалом. Метанол расщепляется на водород и оксид углерода по реакции:



В создавшейся атмосфере также присутствует небольшое количество испарений воды и карбоновый диоксид CO_2 , которые являются вредными примесями - окислителями. Их количества меньше 1%.

Полученная атмосфера служит защитной атмосферой при нагреве под закалку, отпуск, а также пайку твердыми припоями. Она служит также несущим газом в процессах цементации, нитроцементации и карбонитрирования.

Перед началом процессов ТО и ХТО производят продувку рабочей камеры азотом. Для увеличения углеродного потенциала в рабочее пространство печи вводят CH_4 (при нагреве под цементацию или закалку высокоуглеродистых сталей). Углеродный потенциал: 0,8–1,0%

При нитроцементации кроме природного газа (CH_4) дополнительно вводят аммиак (NH_3).

Для карбонитрирования используют аммиак с добавкой спирта и природного газа.

Азотирование проводят при использовании только аммиака.

Автоматический контроль углеродного потенциала осуществляется по точке росы, содержанию CO_2 и кислородному потенциалу.

Преимущества: надежность, универсальность.

Преимущество карбонитрации над другими процессами ХТО

Студенты гр.104515 Щурский П.А., гр. 104215 Босовец А.Н.
 Научный руководитель – Щербаков Э.Д.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

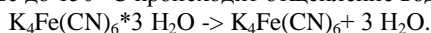
Карбонитрация является одним из методов химико-термической обработки стали. Применение карбонитрации для обработки деталей повышает усталостную прочность на 50-80%, резко увеличивает износостойкость по сравнению с цементацией, нитроцементацией, газовым азотированием, обеспечивает минимальные величины деформаций в пределах допуска чертежа. Технология применима для упрочнения деталей из любых марок сталей и чугуна обеспечивает микронную точность. При этом практически отсутствует хрупкость карбонитрированного слоя. Применение карбонитрации для изделий из быстрорежущих сталей позволило добиться высоких результатов в повышении твердости и - сохранении ее при повышенных температурах – красностойкости. Высокие технико-экономические показатели получают и при упрочнении деталей. При карбонитрации аустенитных и нержавеющей хромистых сталей повышается твердость, износостойкость, подавляется эффект «заедания» при контактной трении. Коэффициент трения снижается с 0,7-0,8 до 0,04-0,15. При толщине слоя 0,1мм, можно достичь 1100HV.

Обработка стали в порошковых средах является, достаточно перспективным методом карбонитрирования, так как позволяет добиться хороших результатов насыщения при минимальных затратах, простоте в обслуживании и экологической безвредности. В настоящее время процесс порошкового карбонитрирования получает еще большее распространение из-за возможности многократного использования порошковых смесей.

Процесс карбонитрирования осуществляется в смеси древесного угля с железосинеродистым калием, для более полного протекания реакций еще возможно добавление карбоната калия.

Железосинеродистый калий не токсичен, не взрывоопасен и не пожароопасен. Температура плавления $K_4Fe(CN)_6$ около $630\text{ }^{\circ}C$.

Используется технический железосинеродистый калий кристаллогидрат – $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$. При нагреве до $150\text{ }^{\circ}C$ происходит отщепление воды:



Образование углерода и азота происходит за счет взаимодействия $K_4Fe(CN)_6$ и древесного угля.

Совмещение процесса карбонитрации с отпуском после закалки является очень технологичным процессом, но из-за возможности разрушения инструмента, вследствие действия остаточных напряжений, и из-за неполного превращения при отпуске аустенита остаточного в мартенсит, этого не делают. Заточку инструмента выполняют после закалки и отпуска непосредственно перед процессом карбонитрации. Необходимость подготовки инструмента перед карбонитрацией заключается в шлифовке, обезжиривании, промывке и сушке, для тщательного контакта металла со средой. Можно избавиться от шлифовки, но в этом случае появляется необходимость в дополнительной выдержке инструмента при температуре процесса.

Использование древесного угля в качестве насыщающей среды, должно регламентироваться дисперсностью взвеси. Наилучший результат достигается при диаметре зерна 3-7мм. Возможно использование кокса и других углеродсодержащих веществ.

Для упаковки инструмента и смеси применяют стальные контейнеры. После упаковки контейнеров их закрывают крышками, а стыки промазывают огнеупорной глиной и просушивают. Удобными и надежными для сохранения активных газов в ящичке являются песочные затворы. Контейнеры загружают в печь с температурой $200\text{ }^{\circ}C$, предварительно перевернув их вверх дном. При этом выделяющиеся из смеси газы поднимаются вверх, но выйти наружу не могут и поэтому остаются в ящичке. Насыщение проводят при температурах $550-560\text{ }^{\circ}C$ в течение 1-4 ч. Время выдержки (1,5-2,0 ч) отсчитывается с момента прогрева контейнера.

Процесс карбонитрации, как правило, является окончательной операцией. Гетерофазная зона обладает повышенной травимостью и на шлифе выглядит темной, карбонитридные зоны – светлые. Пример микроструктуры стали приведен на рисунке 1.

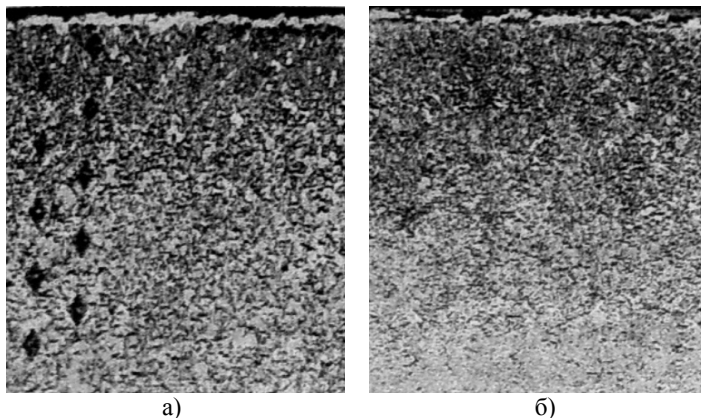


Рисунок 1 – Микроструктуры стали: а) X12МФ, б) 4X5МФС, подвергнутой карбонитрации ($T = 500\text{ }^{\circ}C$, 4 ч) после закалки и высокого отпуска, $\times 200$.

УДК 621.793.7

Термическая обработка покрытий применительно к плазменному формообразованию

Студент гр. 104515 Дулебенец А.В.

Научный руководитель – Соколов Ю.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Термообработка напыленных покрытий сводятся, в основном, к оплавлению [1], изотермическому отжигу [2], термоциклической обработке [3]. Цель - очистка слоёв покрытий от кислорода и азота, снижения количества пор и оксидов в покрытии, увеличения прочности сцепления покрытия с основой.

Оплавление покрытий проводится как после напыления, так и при напылении путём совмещения операций. Процесс оплавления осуществляют на открытом воздухе, в инертной атмосфере, вакууме. В каче-

стве источника энергии используют плазму, газ, лазерный луч, переменное магнитное поле индуктора. Оплавление обеспечивает повышение уровня свойств напыленных покрытий. Происходит снижение пористости, увеличение износо- и коррозионной стойкости оплавленных покрытий. Структура покрытий после оплавления, становится химически более однородной. Включения упрочняющих фаз равномерно распределяются по объёму покрытия, причём, размер включений зависит от способа оплавления. Оплавление лазерным лучом обеспечивает более заметное диспергирование частиц упрочняющих фаз, чем оплавление плазменной струёй или пламенем газовой горелки.

Тем не менее применительно к процессу плазменного формообразования оплавление покрытий не всегда приемлемо поскольку это может привести к частичному «привариванию» покрытия к основе и как следствие препятствовать последующему его отделению от модели-подложки. В случае формообразования для снятия термических напряжений и снижения ликвации по химическим элементам в объеме покрытия чаще используют изотермический отжиг и термоциклическую обработку (ТЦО). Под ТЦО понимают процесс термического воздействия, осуществляемого путём циклического изменения температуры и сопровождающегося многократными структурными или фазовыми превращениями при нагревах и охлаждениях. Параметрами ТЦО являются температурный интервал циклирования, количество циклов, скорость нагрева и охлаждения. Результатом термоциклирования являются измельчение зерна, диспергирование структурных составляющих, гомогенизация, дробление эвтектик и карбидных ячеек, формирование фрагментированной субзеренной структуры. Термоциклическая обработка проводится с целью достижения конечного результата – повышения физико-механических свойств покрытий.

Перспективным в направлении структурообразования напыленных покрытий является электроконтактный нагрев, сущность которого состоит в нагреве металла за счет пропускания через него электрического тока. Каждый металл имеет свое электрическое сопротивление. Степень разогрева зависит от значения удельного электросопротивления каждого сплава. Кроме того достигаемая температура при одном и том же значении силы тока и электрического напряжения зависит от поперечного сечения образца и его длины.

В работе исследовано влияние электроконтактного нагрева на структуру и свойства покрытий, полученных напылением порошков на основе железа. Показано, что характер структурообразования покрытий после термообработки электроконтактным нагревом аналогичен изотермическому отжигу при более высоких температурно-временных режимах.

Литература

1. Спиридонов Н.В., Панков А.Б., Опекунова Т.Э. Влияние лазерного оплавления на структуру, фазовый состав и эксплуатационные свойства покрытий // Машиностроение (Минск). – 1988. - №13. – С.86-90.
2. Борисов Ю.С., Фишман С.П. Влияние высокотемпературного отжига на структуру металлургических плазменных покрытий // Защит. покрытия на металлах (Киев). – 1974. - №8. – С.118-121.
3. Федюкин В.К., Смагорский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1989. – 225 с.

УДК 639.5:681.3

Особые способы построения диаграмм в Excel

Студентка гр. 104518 Жуковская А. В.
Научный руководитель – Мельниченко В. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является обучение особым способам построения диаграмм.

Добавление в диаграммы горизонтальной и вертикальной линий.

Как показывает практика, часто для акцентирования отображаемых данных, необходимо добавление дополнительных линий. Для начала рассмотрим добавление горизонтальной линии. В качестве примера рассмотрим выпуск продукции за 10-дневный период. Горизонтальная линия будет показывать запланированный уровень.

Добавить горизонтальную линию можно введя дополнительный ряд данных. А сама диаграмма строится, как смешанная. На рисунке 1 показан результат применения этой технологии.

Добавление вертикальной линии сложнее. Продемонстрируем это на примере выпуска продукции предприятием до и после объединения. Дату объединения покажем в виде вертикальной линии. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

1. Вначале на основании данных строим обычную гистограмму. В данном примере это клетки А2:В10.

- Теперь выделяем дополнительный диапазон клеток для вертикального ряда D2:E4. Выбираем меню **Правка** и команду **Копировать**.
- Щелкаем на диаграмме и затем в меню **Правка** выбираем **Специальная вставка**. Устанавливаем переключатели Данные в столбцах и Заголовки в первой строке и левом столбце и нажимаем кнопку **Ок**.
- Выделяем новый ряд и меняем для него тип диаграммы на **точечный без маркеров**. В диаграмме появятся две вспомогательные оси – сверху и справа со своими шкалами.
- Теперь настроим эти шкалы для правильного размещения вертикальной линии. Начнем с верхней. Выделим ее и установим минимальное значение 0, а максимальное 100. Линия конечно сместится. Так как в нашем случае слияние произошло между апрелем и маем, выставляем значения 50 в клетках D3 и D4. После настройки положения линии можете отключить отображение верхней оси.
- Теперь настроим длину вертикальной линии. Можно взять значения шкалы такие же как и левой. Затем отключите отображение правой оси. На рисунке 2 видим конечный результат.

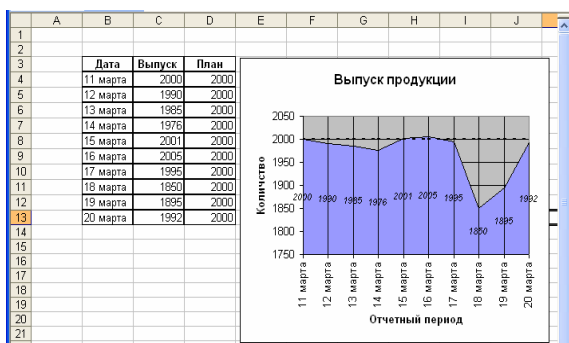


Рисунок 1 – Добавление горизонтальной линии

Наверное более элегантно является следующий способ отображения смешанной диаграммы из двух рядов данных с дополнительной заливкой области после объединения предприятий. Для построения используем те же данные, что и в предыдущем примере.

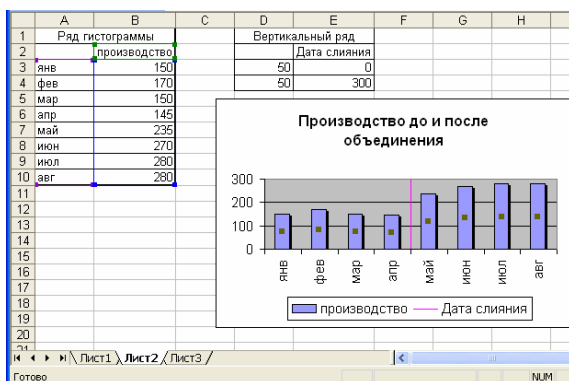


Рисунок 2. Диаграмма с вертикальной линией.

- Строим гистограмму на основе данных клеток A2:B10.
- Рядом создаем дополнительный ряд для столбиков, которые создадут фоновую заливку. Количество столбиков такое же как и в соседнем ряду. Высоту дополнительного столбика берем 0, если заливки нет, максимальное значение – для заливаемых фоном.
- Выделяем клетки D2:E10 и выбираем меню **Правка** и команду **Копировать**.
- Щелкаем на диаграмме и затем в меню **Правка** выбираем **Специальная вставка**. Устанавливаем переключатели Данные в столбцах и Заголовки в первой строке и левом столбце и нажимаем кнопку **Ок**.
- Выделяем столбцы, отображающие производство. Вызываем контекстное меню, выбираем **Формат рядов данных...**, активизируем закладку **Ось**, и делаем отметку по вспомогательной оси. Нажимаем **Ок**.
- Выделяем второй ряд, входим в контекстное меню и на закладке **Параметры** ширину зазора ставим равной 0. Переходим на закладку **Вид**, устанавливаем невидимую границу и способ заливки и нажимаем **Ок**.
- Отключите отображение правой оси.
- Добавьте заголовки и легенду.
- Результат на рисунке 3.

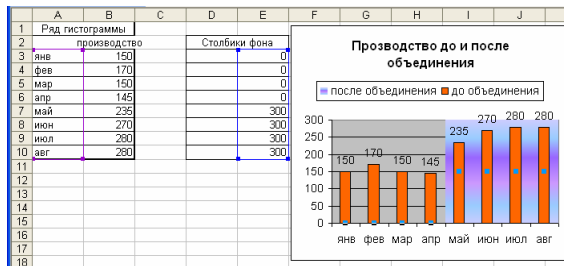


Рисунок 3 - Смешанная диаграмма с фоновой заливкой

УДК 669.292.5.621

Радиационностойкие материалы

Студентка гр. 104216 Никитина А.М.

Научный руководитель – Пучков Э.П.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В результате облучения нейтронами, ионами и другими частицами в конструкционном материале накапливаются радиационные точечные дефекты, их скопления и продукты ядерных реакций. Изменение его состояния приводит к изменению физических и физико-механических свойств (упрочнение, охрупчивание, ускорение ползучести), к формоизменению вследствие распухания и радиационного роста (изменение линейных размеров), к возникновению в материалах наведенной активности и накопленной внутренней энергии.

На процесс образования радиационных дефектов можно повлиять изменением энергии связи атомов, например, путём легирования на твёрдый раствор и изменением энергии первично-выбитых атомов посредством изменения энергии первичной частицы, например нейтрона, т.к. снижению энергии нейтронов вызывает и снижение радиационных дефектов, и изменение типа продуктов ядерных реакций. Таким образом, накопление тех или иных продуктов ядерных реакций можно регулировать в основном выбором состава материала и изменением спектра нейтронов.

Повышенные требования к условиям эксплуатации составных частей активных зон реакторов на быстрых нейтронах (рабочие температуры оболочек твэлов выше 750 °С при уровне накопления радиационных повреждений более 180 с.н.а.), с учетом возросших требований безопасности и экологии, предъявляемых к действующим установкам, ставят задачу разработки новых конструкционных материалов, которые должны оптимально обеспечивать работоспособность деталей и узлов этих установок.

При выборе конструкционных материалов главные требования предъявляются как к их исходным технологическим, физическим, механическим, так и к радиационным и коррозионным свойствам. Выполнение этих требований снижает потенциальную опасность реактора, облегчает его эксплуатацию и допускает многократное использование материалов.

Рассмотрим материалы для твэлов в реакторах на быстрых нейтронах, которые работают в условиях высокой энергонапряженности. В настоящее время для их изготовления используются аустенитные и ферритно-мартенситные стали.

В качестве конструкционных материалов для реакторов БН наиболее перспективными являются сплавы на основе ванадия с титаном и хромом.

По сравнению со сталями аустенитного и ферритно-мартенситного классов сплавы системы V - Ti - Cr обладают рядом преимуществ, среди которых высокие прочностные свойства вплоть до температуры 800 °С, низкий уровень наведенной радиоактивности и быстрый ее спад, низкое остаточное тепловыделение, высокое значение параметра термостойкости (термопрочности), высокая радиационная стойкость, отсутствие высокотемпературного радиационного охрупчивания и распухания.

Проведём сравнительную оценку существующих конструкционных материалов оболочек твэлов. Работоспособность оболочек твэлов и чехловых шестигранных труб из штатных реакторных материалов вызывает серьезные опасения в случае их использования в активной зоне будущих промышленных реакторов на быстрых нейтронах, в первую очередь, в связи со значительной радиационной повреждаемостью аустенитных, ферритно-мартенситных сталей и никелевых сплавов.

Многолетний опыт показал, что успех создания конструкционных материалов для оболочек твэлов достигается при обеспечении высокого уровня трёх основных факторов: комплекса физических, механических и технологических свойств (включая свариваемость); радиационной стойкости; совместимости с теплоносителем и топливным материалом.

Наиболее важным критерием при оценке конструкционных материалов для рассматриваемых условий является жаропрочность, поскольку она определяет при проектировании установки соответствие материала предъявляемым требованиям, включающим высокую температуру и приложенные механические напряжения.

В свое время наиболее предпочтительными материалами оболочек твэлов были стали аустенитного класса благодаря удовлетворительному сочетанию служебных свойств: прочности, жаропрочности, коррозионной стойкости, хорошей технологичности и освоенности промышленностью. При длительных испытаниях аустенитные стали имеют преимущество и перед высоконикелевыми сплавами.

Однако склонность аустенитных сталей к высокотемпературному радиационному охрупчиванию и, главное, к вакансионному набуханию существенно сужает возможность достижения необходимой степени выгорания ядерного топлива. При переходе от экспериментальных к промышленным сборкам стойкостью аустенитной стали 06X16H15M2Г2ТФР к набуханию снизилась в связи с технологическими особенностями плавки слитка и изготовления труб. Даже с учетом того, что критерий напряженно-деформированного состояния (набухание 15 – 18 %) не лимитирует достижение дозы ~ 100 с.н.а., максимальное достигнутое выгорание топлива при использовании стали 08X16H15M3БР составляет 11,2 % т.а. при повреждающей дозе до 93 с.н.а.

Хромистые ферритно-мартенситные стали хорошо зарекомендовали себя, когда температура эксплуатации установок не превышает 550 °С. Основными недостатками 12%-ных хромистых сталей являются низкая жаропрочность при температурах выше 550 – 600 °С, склонность к низкотемпературному радиационному охрупчиванию и существенное разупрочнение в процессе нейтронного облучения при температурах выше 550 °С. Кроме того, при температурах до 500 °С в этих сталях также проявляется склонность к вакансионному набуханию.

Таким образом, в связи с ужесточением требований по надежности, безопасности и экологическим характеристикам в реакторах нового поколения и существенным повышением рабочих параметров оболочек твэлов (рабочие температуры 320 - 710 °С; достигаемые повреждающие дозы 140 - 180 с.н.а.; окружные напряжения до 80- 120 МПа; увеличение ресурса до 5 - 7 лет) стали аустенитного и ферритно-мартенситного классов, разработанные на сегодняшний день, не могут обеспечить надежную работу твэлов перспективных ядерных установок.

Исследованиями последних лет показана перспективность использования в установках с реакторами БН с повышенной рабочей температурой и флюенсом нейтронов, а также в термоядерных энергетических реакторах сплавов на основе ванадия. Они обладают хорошими ядерно-физическими свойствами, такими как быстрый спад наведенной радиоактивности и низкий ее уровень, радиационная стойкость и высокая длительная прочность при 750 °С, в то время как стали ферритно-мартенситного класса разупрочняются при температурах выше 600°С, а аустенитные стали — при 650 °С. Сплавы на основе ванадия с титаном и хромом имеют в температурном интервале 550 -700 °С высокие показатели по времени до разрушения.

Удовлетворить повышенным эксплуатационным требованиям могут сплавы на основе ванадия с титаном и хромом при условии защиты их от коррозионного воздействия теплоносителя и топлива ферритной нержавеющей сталью.

Решением проблемы использования сплавов на основе ванадия может быть плакирование оболочки ферритной нержавеющей сталью.

Получен новый радиационностойкий конструкционный материал для оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах, высокая радиационная стойкость и прочностные свойства которого обеспечиваются сплавом ванадия V - 4Ti - 4Cr, а коррозионная стойкость — нержавеющей ферритной сталью 12X17.

Задачей дальнейших исследований является выбор оптимального состава сплавов системы V - Ti - Cr, отработка технологии и изготовление тонкостенных плакированных оболочек и постановка их на облучение в реактор.

УДК 621.78
Закономерности деформаций наружных и внутренних поверхностей при индукционной термообработке деталей автотехники ОАО «МАЗ»

Магистрант МТФ Бабук Е.П.,
Научный руководитель – Гурченко П.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Долговечность деталей машин чаще всего определяется прочностными характеристиками рабочих поверхностей. В результате упрочнения деталей термической обработкой неизбежно происходят изменения геометрических размеров, что может приводить к браку в процессе изготовления. При индукционной закалке

ке неизбежны остаточные изменения первоначальных геометрических размеров деталей. Это связано как с тепловым расширением детали при нагреве, так и с объёмными изменениями при фазовых (структурных) превращениях, что характерно для всех видов термической обработки.

Установлены закономерности коробления различных типовых поверхностей деталей простой формы автотехники при одновременной и непрерывно-последовательной закалке с нагревом токами высокой частоты. Закономерности коробления деталей сложной формы рассмотрены путем разложения их на простые поверхности. Установление закономерностей проводилось при термообработке опытных партий.

Установлено, что деформации при непрерывно-последовательной закалке цилиндрических деталей являются легко прогнозируемыми и компенсируются введением промежуточных технологических размеров.

Для оптимизации величин деформаций наружных шлицевых поверхностей при закалке ТВЧ применяется способ прерывистого управляемого охлаждения, который обеспечивает необходимую твердость и глубину закалки при минимальных закалочных деформациях.

При непрерывно-последовательной закалке цилиндрических поверхностей с выходом на галтель из легированных сталей типа 40X и 30XГСА, оптимизация величин деформаций достигается применением специального индуктора с магнитопроводами и выбором оптимального расстояния между индуктором и торцом детали, скорости перемещения детали или индуктора и расхода охлаждающей жидкости.

При закалке наружных цилиндрических поверхностей с выходом зоны закалки на галтель из стали 50 при поддержании температуры охлаждающей воды в интервале 24-28 °С и дозировании времени охлаждения с точностью до $\pm 0,1$ с обеспечивается твердость поверхности в интервале 760-800 HV, при минимальной деформации упрочняемых поверхностей составляющей не более 35% от поля допуска.

В результате проведенных опытно-экспериментальных работ установлены закономерности деформаций целого ряда типовых поверхностей деталей мобильных машин. Полученные результаты исследований позволили оптимизировать режимы индукционной термообработки и повысить конструкционную прочность деталей и узлов мобильных машин.

УДК 621.791.92

Исследование износостойкости наплавленных покрытий из отходов инструментальных сталей, подвергнутых диффузионному легированию

Студент гр. 104515 Алисиевич С.А.
Научный руководитель – Стефанович А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является исследование износостойкости наплавленных покрытий из отходов инструментальных сталей подвергнутых диффузионному легированию.

В промышленности используется широкий перечень наплавочных материалов для повышения стойкости изделий против абразивного и ударно-абразивного износов. При абразивном износе без ударных нагрузок рекомендуется использовать наплавленные покрытия высокой твердости и с большим количеством твердых частиц: карбидов, боридов и нитридов. Для покрытий, работающих в условиях ударно-абразивного износа, необходимо использовать материалы, которые содержат 20–30% твердых частиц, равномерно распределенных в аустенитно-мартенситной матрице. При этом содержание аустенита должно быть 30–40%. Были разработаны недорогие электроды для наплавки, в состав которых входят отходы штамповой и быстрорежущей стали, подвергнутые диффузионному насыщению азотом, углеродом и бором.

Износостойкость наплавленных покрытий при нагрузке 100Н обеспечивающей абразивный износ без динамических нагрузок. Износостойкость наплавленных покрытий полученных из отходов стали Р6М5 подвергнутых ХТО при температурах 700, 860, 1050°С и комплексном насыщении углеродом, азотом и бором в 1,48 – 1,69 раза выше износостойкости широкоиспользуемого наплавочного материала Т590 (твердость после наплавки 59 – 62 HRC). Высокая износостойкость наплавленных покрытий из разработанных материалов объясняется морфологией структуры: наличие повышенного количества твердых частиц в структуре и вязкой основы в виде аустенита остаточного уменьшает выкашивание в процессе абразивного изнашивания. При температуре 550 и 600°С износостойкость имеет невысокие значения из-за вязкой основы и недостаточного количества твердых частиц. Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ имеют значительно меньшую износостойкость в 1,6...2,1 раза по сравнению с покрытиями полученными из отходов стали Р6М5. Такая низкая износостойкость данных покрытий обусловлена их меньшей твердостью и меньшим содержанием твердых частиц в структуре. Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ имеют и приблизительно равную износостойкость покрытия из Т590.

При ударно-абразивном износе в зоне трения наблюдается интенсивное выкрашивание твердых частиц. Степень выкрашивания зависит от пластичности матрицы, которая определяется количеством аустенита в структуре. Наименьшее выкрашивание обеспечивается определенным содержанием аустенита в структуре. Кроме того аустенит при деформации в зоне трения может превращаться в мартенсит, что резко повышает износостойкость.

Наибольшую ударно-абразивную износостойкость имеют наплавленные покрытия полученные из отходов стали Р6М5 и Х6ВФ предварительно подвергнутых насыщению азотом, углеродом и бором. При этом износостойкость покрытий из отходов стали Р6М5 в 2,2; 3,1 раза выше эталона Т590. Аналогично и для покрытий, полученных из отходов стали Х6ВФ, только повышение износостойкости в 1,6 – 1,7 выше эталона. Такая высокая износостойкость данных покрытий обусловлена значительным содержанием твердых частиц высокой твердости и аустенита в структуре.

Наплавленные покрытия, полученные из отходов стали Р6М5 подвергнутые цементации имеют износостойкость близкую к эталону Т590, так как структура данных покрытий близка к структуре эталона. Анализ поверхностей трения наплавленных покрытий при ударно-абразивном износе показывает, что у эталона Т590 имеются значительные очаги выкрашивания (рис. 1, а). У разработанных покрытий, имеющих максимальную износостойкость очагов выкрашивания не наблюдается (рис. 2, б). Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ предварительно подвергнутых ступенчатому насыщению азотом – углеродом – бором имеют большую износостойкость в 1,6 – 2,2 раза большую, чем эталоны.

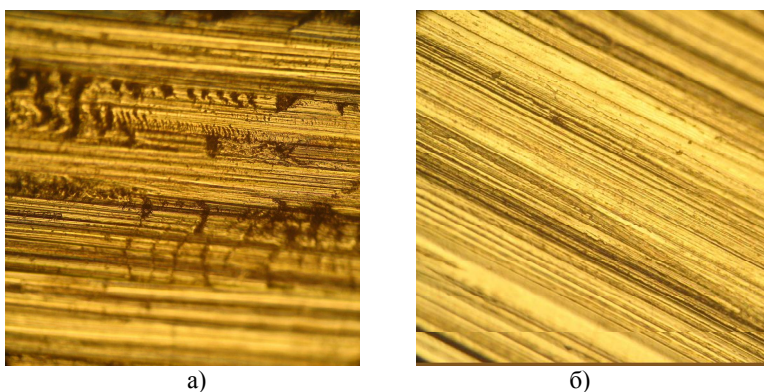


Рисунок 1 – Поверхность трения после ударно – абразивного износа эталона Т590 (а) и покрытия, полученного из отходов стали Р6М5, подвергнутых насыщению азотом-углеродом-бором. $\times 200$

УДК 669.018.2

Интеллектуальные металлические материалы

Студентка гр.104216 Федорова И.В.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Интеллектуальный – это слово часто можно услышать в рекламе новых товаров. Но зачастую интеллектуальным называют любое сложное высокотехнологичное изделие. Между тем устройство является действительно интеллектуальным, лишь если оно способно реагировать на изменение внешних условий. Под изменением внешних условий, мы понимаем изменение природных условий, условий эксплуатации или перемещение конструкций в пространстве. А реакцией является изменение характеристик устройства.

Устройства, чувствующие внешние условия и способны изменять свои характеристики, имеют множество преимуществ по сравнению с обычными устройствами: они эффективнее, медленнее изнашиваются и имеют меньшие эксплуатационные затраты.

Рассмотрим один вид интеллектуальных металлических материалов – сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ).

Сплавы с памятью формы – это сплавы, которые имеют необычное свойство помнить о деформациях. Этот эффект состоит в каучукоподобном поведении, при котором восстанавливаются большие деформации при постоянной температуре (эффект суперупругости), а также в полном восстановлении деформации в результате изменения температуры.

В основе ЭПФ большинства сплавов лежат термоупругие мартенситные превращения (ТУМП). Теория мартенситных превращений основывается на изменении структуры кристаллической решетки, состоящая в появлении микроструктур мартенситной фазы. Такие переходы не связаны с диффузией или изменением химического состава и являются основой высокотемпературных методов обработки металлов.

Для полного восстановления формы необходимо, чтобы мартенситное превращение являлось кристаллографически обратимым. Кристаллографическая обратимость превращения предполагает не только восстановление кристаллической структуры, зависящей от обратного превращения, но и восстановление кристаллографической ориентировки исходной фазы перед превращением. Кроме того, необходимо, чтобы деформация осуществлялась без участия скольжения, так как скольжение является необратимым процессом и при нагреве деформация не устраняется.

При охлаждении материала из аустенитного состояния мартенсит начинает образовываться с некоторой температуры M_n . При дальнейшем охлаждении количество мартенситной фазы увеличивается, и полное превращение аустенита в мартенсит заканчивается при некоторой температуре M_s . Ниже этой температуры термодинамически устойчивой остается только мартенситная фаза. При нагреве превращение мартенсита в аустенит начинается с некоторой температуры A_n и полностью заканчивается при температуре A_s . При полном термоциклировании получается гистерезисная петля. Шири-на гистерезисной петли по температурной шкале A_s-M_n или A_n-M_s может быть различной для разных материалов: широкой или узкой.

Важно отметить, что при ТУМП (в отличие от обычных мартенситных превращений, например в сталях) межфазные границы между А и М сохраняют когерентность и являются легко подвижными. При охлаждении (прямое превращение) в интервале температур (M_n-M_s) зарождаются и растут кристаллы мартенсита, а при нагреве (обратное превращение) в интервале температур (A_n-A_s) кристаллы мартенсита исчезают (превращаются в аустенит) в обратной последовательности.

Для изотропного материала при отсутствии внешних напряжений мартенситные пластины, образующиеся при прямом превращении, не имеют преимущественной ориентировки, и локальные сдвиговые деформации в среднем по объему компенсируются. В процессе обратного превращения (М в А) перестройка решетки в исходную протекает строго в обратной последовательности. При этом не наблюдается макроскопического изменения формы материала, за исключением небольшого изменения объема (например, для сплава на основе TiNi изменение объема составляет около 0,34 %, что на порядок меньше, чем для сталей (> 4 %)).

В случае наличия в материале ориентированных напряжений (например, действие внешней нагрузки) мартенситные пластины приобретают преимущественную ориентировку, и локальные сдвиговые деформации приводят к макроскопическому изменению формы образца. В процессе обратного превращения (М в А) перестройка решетки происходит по принципу «точно назад», при этом локальные сдвиговые деформации исчезают и, следовательно, устраняется макроскопическое изменение формы. Внешнее проявление такого поведения материала интерпретируется как ЭПФ.

Сплавы с ЭПФ позволяют создавать принципиально новые конструкции и технологии в различных отраслях машиностроения, авиакосмической и ракетной техники, приборостроения, энергетики и т.д. Широко применяются в медицине для соединения костных фрагментов, при лечении сколиоза и костных сосудов.

Из большинства сплавов с ЭПФ наиболее перспективными для практического применения являются сплавы Ni Ti эквивалентного состава (примерно 50:50 % (ат.)), обычно называемые никелидом титана или нитинолом. Изменение состава лишь на 0,1 атомный процент может изменить температуру перехода на 20 и более градусов. По этой причине технологические условия получения сплавов Ni Ti должны выполняться очень строго. Для обеспечения однородности сплава, позволяющей контролировать температуру перехода в пределах 5°C, часто используют индукционное плавление металла. Хотя он дорогой, но имеет наибольшую восстанавливаемую деформацию.

Реже используют более дешевые сплавы на основе меди – Cu – Al – Ni и Cu – Al – Zn. Их недостатком является то, что у них высокая хрупкость.

В космосе необходимо создание орбитальных станций. Например, антенна саморазворачивающейся конструкции. Она состоит из листа и стержня из сплава Ti - Ni, которые свернуты в виде спирали и помещены в углубление в искусственном спутнике. После запуска спутника и выведения его на орбиту антенна нагревается с помощью специального нагревателя или тепла солнечного излучения, в результате чего она выходит в космическое пространство, так же создана уникальная технология соединения элементов в открытом космосе и использованием муфты из сплава Ti-1.

В интеллектуальных структурах материалы с ЭПФ используют двумя способами. Во-первых, в качестве механических и силовых преобразователей создающих движение. Они заменяют сложные механические устройства приведения в движение, в этом случае движение задается электрическим сигналом системы управления, действующей на основании показания датчиков. К ним относятся, например, летательные аппараты с изменяемой геометрией крыла. В этих механизмах активаторы из материалов с ЭПФ изменяют геометрическую форму «гибких» структур подобно действию человеческих мускул. Действие силового преоб-

разователя из сплава с ЭПФ состоит в постепенном изменении размеров в процессе нагрева вследствие фазового перехода.

Второй подход использования сплавов с ЭПФ в интеллектуальных структурах – силовые преобразователи из сплава с ЭПФ распределяют по объему или по поверхности конструкции. Например, силовые преобразователи в виде проволоки из сплава с ЭПФ вводят в структуру композиционных материалов. Они эффективно демпфируют вибрацию и изменяют форму деталей из композиционных материалов.

УДК 669.14.018.29

Применение новых высокопрочных и сверхпрочных материалов с высокой пластичностью (TRIP – стали) в современной промышленности

Студент гр. 104216 Удот А. Ю.
Научный руководитель – Пучков Э. П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В данной статье рассмотрены вопросы получения TRIP – сталей, а также примеры применения их в автомобилестроении и некоторых других отраслях (авиастроение, медицина).

TRIP – стали по сравнению с обычными (конструкционными низколегированными) сталями обладают повышенной прочностью и одновременно пластичностью, т.е. при равной прочности (пределом текучести) обладают в 2-3 раза большей пластичностью, что обеспечивают им преимущества в процессе штамповки и формования. Применяется для изготовления высоконагруженных деталей: проволоки, тросов, крепежных деталей. В наибольшей степени данные свойства стали востребованы в современной автомобильной промышленности так как может быть использована для производства более сложных деталей, обеспечивая большую свободу инженерам при выборе дизайна, оптимизации (снижении) веса и общей технологии производства автомобиля.

Метастабильные высокопрочные аустенитные стали называют TRIP – сталями (TRIP – от начальных букв слов Transformation Induced Plasticity) или ПНП – сталями (пластичность, наведенная превращением). Эти стали содержат 8...14% Cr, 8...32% Ni, 0,5...2,5%Mn, 2...6%Mo, до 2% Si. Пример марочного состава: 30X9H8M4Г2C2, 25H25M4Г1. Отличительной особенностью сталей является то, что после аустенизации при 980...1200°C температуры мартенситного превращения МН и МД (начало образования мартенсита деформации), находятся ниже 20°C, т.е. стали имеют аустенитную структуру.

Для придания стали высоких механических свойств после аустенизации ее подвергают 80%-ной деформации (прокатка, волочение, гидроэкструзия и т.д.) при 250...550°C (ниже температуры рекристаллизации). При деформации аустенит претерпевает наклеп и обедняется углеродом, что приводит к повышению точек МН и МД. При этом точка МД становится выше 20°C. При охлаждении, следовательно, аустенит становится метастабильным и при его дальнейшем деформировании происходит мартенситное превращение. Поэтому при испытании на растяжение участки аустенита, где локализуется деформация, претерпевают мартенситное превращение, что приводит к местному упрочнению, и деформация сосредотачивается в соседних (неупрочненных) объемах аустенита. Следовательно, превращение аустенита в мартенсит исключает возможность образования “шейки”, что объясняет высокую пластичность ПНП-сталей.

Механические свойства ПНП-сталей:

$$\sigma_{0,2} = 1400 - 1500 \text{ МПа}; \quad \sigma_b = 1500 - 1700 \text{ МПа}; \quad \delta = 50 - 60 \text{ \%}.$$

Характерным для этой группы сталей является высокое значение вязкости разрушения и предела выносливости σ_1 . При одинаковой или близкой прочности ПНП-стали пластичнее, а при равной пластичности имеют более высокий предел текучести, чем мартенситно-стареющие стали или легированные высокопрочные стали.

Эти стали, используют для изготовления высоконагруженных деталей: проволоки, тросов, крепежных деталей и др.

Известна новая высокопрочная сталь с нестабильным аустенитом 23X15H5CM3Г, микролегированная Ti, измельчающим зерно аустенита, для изготовления холодного проката, используемого для ответственных деталей авиатехники, работающих в условиях воздействия циклических нагрузок, также различных типов труб с целью транспортировки газа или нефти т.д.

Применительно к высокопрочным коррозионностойким сталям с аустенитной структурой, используемым в производстве тонкого стержневого медицинского инструмента и упругих элементов, была разработана практически безуглеродистая ($C < 0,03\%$) высокопрочная коррозионностойкая аустенитная сталь на

Fe-Cr-Ni основе, дополнительно легированная Co, Mo, Ti и Al, предназначенная для изготовления высокопрочной проволоки тонких и тончайших сечений (сталь 03X14H11K5M2ЮТ).

Рассмотрим изменение механических и физических свойств аустенитной стали 03X14H11K5M2ЮТ на всех этапах обработки.

На первом этапе рассматриваемой технологии – аустенитизации – установлено, что микроструктура исследуемой стали 03X14H11K5M2ЮТ после закалки от температур 800-1300 °С состоит практически из 100% аустенита. Наилучшей температурой нагрева под закалку с точки зрения оптимального сочетания прочностных и пластических свойств является температура 1000 °С. Механические свойства после закалки составляют:

$\sigma_{\text{в}} = 540$ МПа, $\sigma_{0,2} = 245$ МПа, $\delta = 65$ %, $\psi = 85$ %.

Дальнейшей технологической операцией является деформирование волочением. Особенностью легирования исследуемой аустенитной стали является низкое содержание углерода и легирование такими элементами как, Ni и Co, уменьшающее степень закрепления дислокаций, что позволяет проводить высокие суммарные пластические деформации. Наличие деформационно-метастабильного аустенита, протекание мартенситных превращений и ТРИП-эффекта позволило проводить холодную пластическую деформацию с чрезвычайно высокими степенями обжатия ($\epsilon = 2,32$; 3,20; и порядка 5) и получать в структуре нанокристаллическое состояние. Электронно-микроструктурные исследования метастабильной аустенитной стали позволили установить причину её высокой пластичности, обусловленную совместным действием равномерного скольжения, микродвойникования и мартенситных превращений с интенсивностью, обеспечивающей образование субмикроструктур мартенсита. Так, исследуемая сталь была протянута с диаметра 14,3 мм на диаметр 2,77 мм; с диаметра 7,0 мм на диаметр 0,5 мм; с диаметра 3,0 мм на диаметр 0,15 мм без промежуточных смягчающих обработок, при этом прочностные свойства составляли:

- $\sigma_{\text{в}} = 1480$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 1200$ МПа, $\delta \approx 4$ % на диаметре 2,77 мм;
- $\sigma_{\text{в}} \approx 2000-2150$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 1000-1400$ МПа, $\delta \approx 2$ % на диаметре 0,5 мм;
- $\sigma_{\text{в}} \approx 2200-2150$ МПа, $R_{\text{узл}} \approx 50$ % на диаметре 0,15 мм.

Таким образом, интенсивной холодной пластической деформацией удаётся повысить прочностные свойства более чем в 4 раза. Дополнительно увеличить прочностные свойства и сформировать высокий комплекс физикомеханических свойств на проволоке или готовых изделиях позволяет последеформационное старение. Старение деформированной стали вызывает дополнительное повышение механических свойств, которое связано с процессами распада мартенсита деформации.

Получение повышенного количества аустенитной фазы в образцах исследуемой стали может привести к занижению степени упрочнения при последующем старении. Естественно изменение твердости связано в первую очередь с процессом распада пересыщенных твердых растворов.

После закалки, деформации $\epsilon = 2,32$ и старения при 500°С механические свойства составляют: $\sigma_{\text{в}} = 2480$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1900$ МПа, $\psi = 45$ %, $\delta = 2$ % на диаметре 2,77 мм; $\sigma_{\text{в}} = 2850-3000$ МПа, $R_{\text{узл}} > 50$ % на диаметре 0,15 мм.

УДК 669:620.18

Определения балла зерна стали компьютерными методами

Студент гр.104215 Бислюк Л.В.

Научный руководитель – Анисович А.Г.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Цель работы: проанализировать этап определения размера зерна стали и оценить эффективность методики определения балла зерна стали компьютерными методами.

За последнее десятилетие разрешены основные проблемы полной автоматизации количественного микроанализа с использованием принципа сканирования структуры и телевизионной техники. Созданы надёжно работающие промышленные устройства, автоматически анализирующие структуру, с использованием методов стереометрической металлографии. Это открывает весьма широкие перспективы дальнейшего развития и распространения методов.

Стандартной методикой определения размера и балла зерна стали является ГОСТ 5639-82 Методы выявления и определения величины зерна.

- Визуального сравнения видимых под микроскопом зерен с эталонами шкал;
- Подсчета количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа, с определением среднего диаметра и средней площади зерна;
- Подсчета пересечений границ зерен отрезками прямых с определением среднего условного диаметра в случае равноосных зерен, количества зерен в 1 мм^3 в случае неравноосных зерен;

- Измерение длин хорд под микроскопом или с использованием микрофотографий с определением относительной доли зерен определенного размера;
 - Ультразвуковым;
- Указанные методы применяются для оценки величины зерна, имеющего форму, близкую к равноосной.

Существующие программы обработки изображений и их возможности

Назначение и возможности программы ВидеоТесТ – Размер 5.0

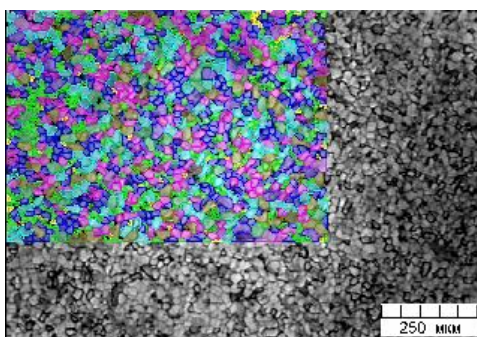
Программа ВидеоТесТ – Размер 5.0 предназначена для работы с изображениями, а также сериями изображений в составе одного документа. Программа обеспечивает широкие возможности для проведения измерений, редактирования и преобразования изображений

Назначение и возможности программы Autoscan Areas

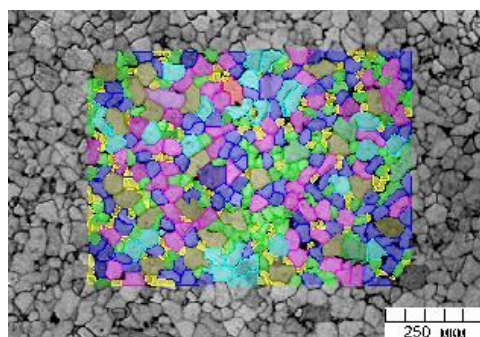
Программа Autoscan Areas (AS Areas) предназначена для измерения площадей определенных зон на изображениях. Она позволяет производить ручное выделение требуемых зон по их яркостным и цветовым характеристикам с одновременным автоматическим вычислением их площадей.

Назначение и возможности программы Autoscan Objects

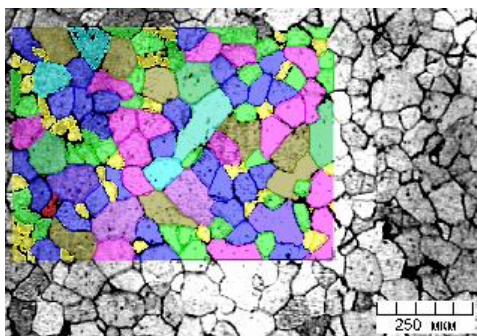
Программа Autoscan Objects предназначена для морфологического анализа изображений. Она позволяет производить ручное, полуавтоматическое и автоматическое выделение объектов на полутоновых и цветных изображениях и их автоматическую классификацию по заданным параметрам.



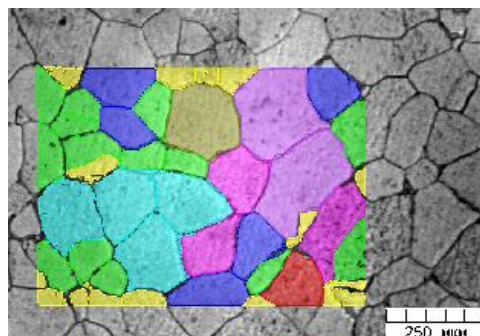
№1



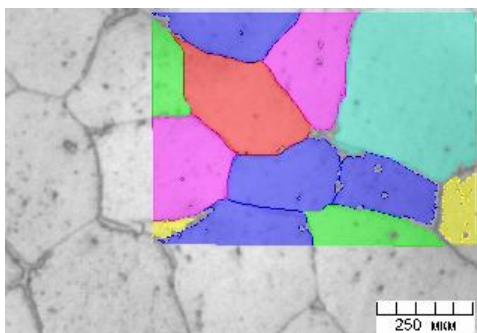
№2



№3



№4



№5

Назначение и возможности программы SIAMS 700™ предназначена для анализа макро- и микро-структуры материалов: металлов и сплавов, стекла, керамики и др.

Новая табличная технология обеспечивает определение количественных характеристик макро- и микроструктур материалов; статистический анализ и автоматическое создание отчетов по результатам исследования; составление атласов цифровых эталонных изображений. Система содержит готовые модули для автоматизированного решения типовых задач материаловедения.

Программный пакет ImageSP предназначен для сканирования изображений при помощи электронных микроскопов и научных камер, а также последующей обработки полученных изображений и серий изображений.

Определение балла зерна St_0 в специализированном модуле программ обработки изображений «IMAGE – SP».

Для получения результатов измерений в реальных единицах измерения была произведена калибровка системы. Все образцы были исследованы при увеличении 100.

Таблица1 – Подсчет количества зерен

№образца St_0	N	Внутр.	Пересеч.	Кол-во в 0.5 мм ²	Кол-во в 1 мм ²	Ср. пло- щадь	Ср. диа- метр
№1	1(G = 8)	986	77	1023	2046	0,00049	0,0221
№2	1(G = 7)	377	49	400	800	0,00125	0,035
№3	1(G = 5)	108	36	125	250	0,004	0,063
№4	1(G = 3)	26	23	36	72	0,0139	0,118
№5	1(G = 1)	8	5	9	18	0,056	0,236

Результаты значений стали St_0 соответствуют значениям шкал ГОСТ 5639-82 Методы выявления и определения величины зерна.

УДК 621.785

Структурная наследственность сталей

Студент гр. 104216 Рысенков А.И.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме наследования размера зерна у сталей при термической обработке

Структурная наследственность для сталей играет очень важное значение. В современном мире мало какая деталь, изготовленная из сталей и цветных металлов, не подвергается термической обработке. Но мало её провести, нужно знать правильные режимы, исходя из химического состава и требуемых свойств материала, а также иметь понятие о тех превращениях, которые протекают в материале детали.

Одна из главных задач проведения термической обработки – получение требуемого уровня механических свойств, и, в свою очередь, фактор который оказывает на это существенное влияние это размер зерна матрицы металла, полученный в ходе проведения термической обработки. Иногда получение требуемого балла зерна вполне предсказуемо и не составляет никакой сложности, но также имеет место, когда вместо ожидаемых размеров зерна стальной матрицы бываю получены совсем иные результаты. Учёными были исследованы такие моменты и выяснилось, что стали способны наследовать не только размер, но и форму зёрен, которую они имели до начала проведения термической обработки, несмотря на то, что исходя из химического состава стали, при данной термической обработке должны быть получены иные результаты.

Вот некоторые существенные аспекты проявления и удаления структурной наследственности сталей:

1) Все проявления структурной наследственности существенно зависят от исходной структуры стали; трудности с исправлением структуры и вида излома возникают при исходных структурах кристаллографически упорядоченного типа. Нельзя рассчитывать в этом случае на обязательное или полное исправление структуры доэвтектической стали в результате нагрева лишь незначительно выше точки A_{c3} – исправление структуры и излома может быть только частичным или совершенно отсутствовать.

2) Существенное значение для успеха исправляющей структуру обработки имеет скорость нагрева в температурном интервале образования аустенита. Ускоренный нагрев способствует получению более мелкозернистой структуры; медленный нагрев может и совсем не изменить величину зерна аустенита по сравнению с исходной структурой.

3) Химический состав также оказывает большое влияние на размер зерна аустенита, а значит и самой стали после термической обработки. Так содержание, главным образом, алюминия в стали делает её

наследственно мелкозернистой, также, в свою очередь, все легирующие элементы, за исключением марганца и бора, в большей или меньшей степени уменьшают склонность роста зерна аустенита при нагреве.

4) Особый случай представляет очень быстрый нагрев закалённой стали, когда непосредственно выше A_{c3} получается зерно аустенита, равное исходному, т.е. также отсутствует фазовая перекристаллизация. Повышение температуры или некоторая выдержка в надкритической области приводят к резкому измельчению зерна аустенита и полному исправлению вида излома.

Дело в том, что в сталях повышенной легированности восстановление зерна аустенита наблюдается уже совсем не при экзотических условиях нагрева, и восстановленное зерно устойчиво в течении нескольких часов.

5) Когда измельчения зерна и исправления вида излома нельзя достигнуть нагревом непосредственно выше A_{c3} может потребоваться нагрев до более высоких температур в аустенитной области.

6) Наилучшим и наиболее эффективным способ устранения последствий перегрева в структуре и изломе остаётся полный отжиг с распадом аустенита при охлаждении на структуры перлитного типа. Желательно, чтобы скорость нагрева под отжиг не был слишком малой. В противном случае, и при отжиге может не получиться ожидаемого эффекта.

Нормализация или тем более закалка легированных сталей может привести к получению кристаллографически упорядоченных структур. Исправление структуры достигается скорее и лучше, если охлаждение ведётся так, чтобы обеспечивался распад аустенита в структуры перлитного типа.

7) Восстановление крупного исходного зерна при медленном нагреве стали с кристаллографически упорядоченной структурой может повлечь за собой замедление распада переохлажденного аустенита вследствие его крупнозернистости. Это означает, что время для полного распада аустенита при изотермическом отжиге может оказаться недостаточным, если не будет учтена возможность замедления превращения из-за влияния исходной крупнозернистости, сохранившейся после нагрева выше точки A_{c3} .

8) Ускорение процесса образования аустенита достигается и предварительной пластической деформацией. Наклёп в α -состоянии препятствует появлению всех разновидностей структурной наследственности и, вообще, приводит к измельчению зерна аустенита, образующегося при нагреве.

9) Цементуемые заготовки необходимо нормализовать перед проведением операции химико-термической обработки.

10) Возможность перлитного распада при остывании отливки должна рассматриваться как положительное качество стали, предотвращающее резкие проявления структурной наследственности. При термической обработке быстрорежущих сталей нужно избегать повторной закалки, а если уже необходимость в повторной закалке возникла, то обязательно подвергать сталь перед новой закалкой смягчающему отжигу.

11) Повышенная прочность, приобретённая в результате термомеханической обработки или даже просто холодного наклёпа, может сохраняться полностью или частично после новой закалки.

Аустенит в некоторых высоколегированных сплавах может быть незаметно упрочнён путём прямого или обратного мартенситных превращений.

12) Восстановленное зерно аустенита несколько отличается от исходного по форме в связи с возникновением при восстановлении своеобразной зубчатости границ. Это относится, по-видимому, почти в равной мере к восстановлению при быстром и медленном нагревах.

Вероятно, в этом случае изменение формы границ повлечёт за собой изменение ударной вязкости и характера разрушений.

В результате двойной закалки получается зубчатая форма зерен, что приводит к повышению ударной вязкости стали.

Приведенный, далеко не полный, конечно, ряд примеров показывает, что закономерности проявления структурной наследственности могут иметь существенное значение для практики термической обработки стали.

УДК 621.793.7

Получение конгломерированных композиционных порошков для плазменного напыления

Студент гр. 104515 Тимошенко Н.П.
Научный руководитель – Соколов Ю.В.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме получения конгломерированных композиционных порошков NiCr-Ti в смесителе шнекового типа для плазменного напыления.

Для получения композиционных порошков методом конгломерирования используют исходные порошковые дисперсные материалы с различными физико-механическими свойствами. При получении конгломератных гомодисперсных порошков используют тонкодисперсные порошки фракцией 1—10 мкм, при получении гетеродисперсных порошков применяют порошки разных фракций: 5—10 и 60—100 мкм. В ряде случаев целесообразно введение в состав для конгломерации веществ, обладающих восстановительной способностью, например галогенидов, присутствие которых в порошке при напылении обеспечивает очистку контактирующих поверхностей и повышение реакционной способности компонентов порошка [1].

Конгломератные частицы можно получить следующими методами:

- 1) спекания механических смесей с последующим измельчением;
- 2) совместной деформации;
- 3) самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС);
- 4) восстановительного отжига смеси;
- 5) электрофоретический;
- 6) с использованием органических и нетрагических связей.

В настоящее время наиболее широко используется метод получения композиционных порошков для газотермического напыления с применением связующих веществ. Использование данного метода позволяет создать композиции на основе комбинаций практически любых компонентов, при этом технологические варианты его осуществления отличаются простотой и экономичностью.

Композиционные порошки на связках получают путем образования конгломератов из исходной смеси. Соединение составляющих конгломератов между собой осуществляется с помощью связующих веществ в смесителях или распылительных устройствах. Дальнейшее использование данного конгломерата для газотермического напыления предъявляет некоторые требования к порошку: порошок должен иметь ограниченный гранулометрический состав, определенные физико-механические свойства и химический состав. На качество получаемых композиционных порошков оказывают влияние свойства материалов (для исходных порошков: гранулометрический состав, форма частиц, шероховатость поверхности, плотность, химический состав; для связующих веществ: температура сушки, способность смачивать порошки, прочность высушенной связки), конструкция перемешивающего устройства и технологические параметры проведения процесса конгломерирования. Для осуществления взаимного однородного распределения компонентов принудительная взаимная конвективная диффузия создается в результате вращения лопастей смесителя. Поэтому большое значение имеет режим работы перемешивающего устройства [2], к которому предъявляют следующие требования:

- 1) смесительный орган должен обеспечивать перемещение отдельных слоев относительно друг друга, в объеме смесителя должна быть исключена мертвая зона;
- 2) смеситель должен обеспечивать ведение процесса при определенном температурном режиме, который обусловлен необходимой скоростью сушки или затвердевания связующего вещества.

В качестве возможных связующих веществ используются: акрилаты, поливинилхлорид, полиуретан, поливиниловый спирт, силикаты щелочных металлов и др. При выборе, связующего вещества необходимо учитывать эксплуатационные свойства покрытия.

В работе исследовали процесс получения конгломерированных композиционных порошков NiCr-Ti в смесителе шнекового типа. Состав композиций в объеме каждой частицы соответствовал 3,0; 4,0; 6,0 % титана.

Шнековый смеситель (рисунок 1) для получения конгломерированных композиционных порошков содержит привод 1 осевого вращения вертикальной смесительной камеры 2, размещенной в теплоизолирующем сосуде 3 с нагревателем 4, автономный привод, образованный зубчатыми парами 5 и 6 червячного редуктора 7, приводимого от двигателя 8, рабочий орган, образованный двумя шнеками 9 и 10, размещенными в смесительной камере 2 эксцентрично относительно вертикальной оси вращения смесительной камеры 2 и коаксиально друг относительно друга. Шнеки 9 и 10 выполнены с различным направлением их винтовых образующих. В донной зоне смесительной камеры 2 размещены скребки 11.

Автономный привод-червячный редуктор 1 осевого вращения смесительной камеры 2 приводится во вращение от двигателя 12. Зубчатые пары 5 и 6 автономного привода шнеков 9 и 10 обеспечивают их однонаправленное вращение. Планетарное вращение шнеков 9 и 10 происходит за счет их расположения в смесительной камере 2 эксцентрично относительно вертикальной оси вращения смесительной камеры 2 [3].

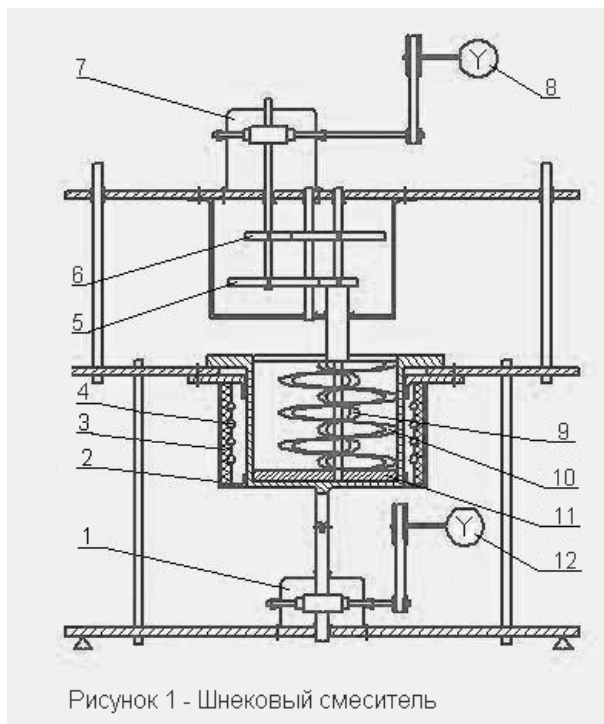


Рисунок 1 - Шнековый смеситель

ние конгломерированных композиционных порошков для плазменного формообразования / Ю.В. Соколов [и др.] // Материалы пятой международной научно-технической конференции: сб. тр. – Минск: БНТУ, 2009. - С.287-291.

УДК 669.58+621.785.3

Преимущества и недостатки горячего цинкования

Студент гр. 104216 Галимский А.И.
 Научный руководитель – Константинов В.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Среди многочисленных процессов нанесения защитных покрытий на стальные и чугунные изделия цинкование занимает одно из ведущих мест. По объему и номенклатуре защищаемых от коррозии изделий цинковым покрытием нет равных среди других металлических покрытий. Это обуславливается многообразием технологических процессов цинкования, их относительной простотой, возможностью широкой механизации и автоматизации, высокими технико-экономическими показателями.

На рисунке 1 представлена схема расположения слоев (фаз) цинкового покрытия, полученного горячим цинкованием. В горячецинковом покрытии присутствует 5 фаз (α , γ , δ , ζ , η), последовательность расположения которых находится в точном соответствии с диаграммой состояния системы Fe—Zn по линии температуры цинкования. Рассмотрим расположение слоев покрытия в направлении от стального основания покрываемого изделия к поверхности (краю) покрытия. Переходной фазой от основного металла к слою покрытия является α -фаза. Она имеет вид светлой полосы в структуре основного металла. Особенно ярко является на диффузионно цинкованной в порошковой смеси стали. Растворимость цинка в α -фазе при 250 °С составляет 4,5%. Непосредственно на поверхности стали (покрываемого изделия) находится γ -фаза, которая выглядит в виде очень узкой (1—3 мкм) темной полосы. Она содержит от 28 до 21% железа и является поставщиком для процесса диффузии. После зоны γ -фазы в цинковом покрытии следует слой δ -фазы с содержанием железа от 11,5 до 7%. При травлении δ -фаза обнаруживает две зоны: компактную, примыкающую к γ -фазе, и столбчатую (волокнуистой структуры). Следующая за δ -фазой ζ -фаза обычно имеет ярко выраженную столбчатую структуру. Содержание железа в ζ -фазе составляет 6,2—6,0%. Верхний слой покрытия (η -фаза) представляет собой твердый раствор железа в цинке. Максимальная растворимость железа в цинке равна 0,008%, но с повышением температуры до 400 °С она возрастает до 0,028%. В зависимости от режима цинкования этот верхний слой цинковых покрытий, полученных в расплаве цинка, может состав-

Установлено, что вращение шнеков должно осуществляться в противоположном направлении. Высокий выход годной фракции композиционного порошка (63...100 мкм) получается в том случае, если оба шнека одновременно подают смесь к поддону смесителя. При этом выход годной фракции на 5...10 % выше по сравнению со случаем, когда каждый из шнеков подает смесь в противоположном направлении. Выход годной фракции определяли из соотношения массы отбора к массе всего полученного конгломерата в процентах. Отбор годной фракции производили с помощью сит. Состав композиций контролировали методом химического анализа отобранных проб.

Литература

1. Кулик, А.Я., Борисов Ю.С. Газотермическое напыление композиционных порошков. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.
2. Калиновский, В.Р. Конгломерированные композиционные порошки для газотермического напыления / В.Р. Калиновский [и др.] // Перспективы развития поверхностного и объемного упрочнения сплавов: сб. тр. – Минск: БНТУ, 2004. – С. 124-133.
3. Соколов, Ю.В. Получение и использование конгломерированных композиционных порошков для плазменного формообразования / Ю.В. Соколов [и др.] // Материалы пятой международной научно-технической конференции: сб. тр. – Минск: БНТУ, 2009. - С.287-291.

лять от 1/3 до 1/2 и более толщины слоя покрытия (рис. 1). В основном состав этой фазы соответствует составу расплава цинка, однако иногда в верхнем слое может быть обнаружено повышенное содержание железа, например, когда в этот слой внедряются кристаллы ζ -фазы.

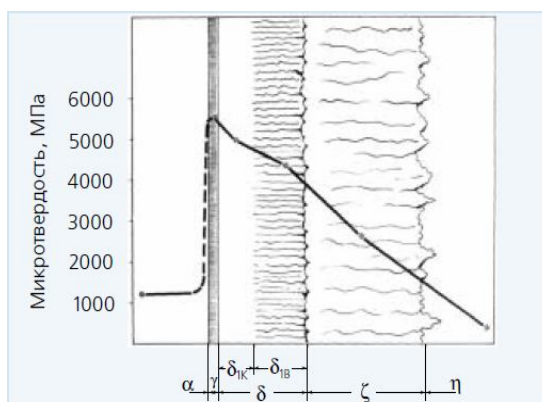


Рисунок 4 – Схема расположения слоев цинкового покрытия

Как отмечалось выше, структура цинкового покрытия, полученного в расплаве цинка, неоднородна и состоит из нескольких последовательно расположенных слоев (фаз), обладающих различными свойствами и содержащих различные количества цинка и железа. Структурная неоднородность и различие в химическом составе по толщине покрытия отрицательно сказывается на коррозионной стойкости и других его свойствах. Наиболее хрупкими фазами в диффузионном цинковом покрытии являются γ - и ζ -фазы, а наиболее коррозионностойкой и достаточно пластичной является δ -фаза. Известно, что скорость роста отдельных фаз может меняться в зависимости от температуры процесса цинкования и, кроме того, каждая фаза в соответствии с диаграммой состояния системы Fe—Zn устойчива в определенном температурном интервале. Исходя из этого и учитывая, что наиболее коррозионностойкими и прочными являются покрытия с однородной структурой, целесообразно создавать такие условия образования покрытия, при которых в нем преимущественно развивались бы пластичные, наиболее коррозионностойкие фазы и подавлялось образование хрупких. И это реализуется путем термической обработки горячеоцинкованных изделий. При этом существенно изменяется структура и фазовый состав горячецинкового покрытия, и оно превращается в диффузионное, полностью состоящее из железозинкового сплава. По данным компании «Скандинавиан Лед Зинк Асс» (Швеция), после термической обработки горячецинковое покрытие полностью состоит из интерметаллического соединения FeZn_7 (δ -фаза) и имеет повышенную стойкость в атмосфере, содержащей SO_2 .

Одним из важнейших свойств является прочность сцепления с поверхностью покрываемого изделия. При соблюдении технологии нанесения сцепление цинкового покрытия, полученное в расплаве цинка, определяется, главным образом, температурой расплава цинка и продолжительностью взаимодействия расплавленного цинка с поверхностью покрываемого изделия, например, трубы. Эти параметры определяют степень проникновения атомов цинка в стальную подложку покрываемого изделия и, в конечном итоге, степень сцепления покрытия с подложкой. Известно, что время контакта стальных изделий, например, труб при горячем цинковании составляет от 30—45 секунд до 1,0—2,0 минут (в зависимости от вида и сортамента труб), при этом атомы цинка не глубоко проникают в покрываемое изделие, и степень сцепления образующегося цинкового покрытия с подложкой невелика.

Следует отметить такие достоинства горячего цинкования, как надежность, простота процесса, отсутствие необходимости использования специального оборудования, невысокая стоимость, легкость применения, время выполнения, прочность, надежность системы и постоянство результатов.

Недостатками этого метода являются необходимость предварительной обработки поверхности детали перед цинкованием, большое количество образующихся фаз, не очень прочное сцепление покрытия с поверхностью изделия, неравномерность толщины покрытия, требуется специальная высадка под толщину покрытия, внешний вид покрываемых изделий.

С учетом всех достоинств и недостатков горячее цинкование является одним из наиболее актуальных методов защиты металлов от коррозии и широко применяется на предприятиях для покрытия всевозможных изделий.

Аморфное состояние – это предельный случай термодинамической нестабильности твердых металлов и сплавов, для которых характерна как атомно-структурная однородность, так и идеальная фазовая и химическая однородность.

Аморфные сплавы представляют собой однофазную систему – пересыщенный твердый раствор, атомная структура которого аналогична атомной структуре переохлажденного расплава. Они обладают высокой микро- и макрооднородностью, в них отсутствуют такие источники фазовой неоднородности, как избыточные фазы и ликвации.

С помощью рентгеновской, нейтронной, электронной дифракции было показано, что в аморфных металлических сплавах (АМС) имеется более или менее четко определяемый на расстоянии двух-трех соседних атомов так называемый ближний порядок. Ближний порядок, лежащий в основе структуры аморфных сплавов, является системой метастабильной. При нагреве до температуры кристаллизации T_x он перестраивается в обычную кристаллическую структуру. В среднем для большинства аморфных сплавов T_x находится в пределах 650-1000 К. К счастью, при комнатной температуре аморфные сплавы могут сохранять структуру и свойства в течение $10^4 - 10^5$ лет.

На рисунке 1 представлено схематическое изображение ТТТ-диаграммы (начальные буквы английских слов температура-время-превращение), которая показывает характер фаз, образующихся при различных скоростях охлаждения. При переохлаждении жидкой фазы ниже равновесной температуры $T_{пл}$ скорость кристаллизации достигает максимума при температуре T_n . Если жидкость закалить со скоростью выше критической до температуры стеклования T_d , то система будет заморожена и образуется аморфное состояние.

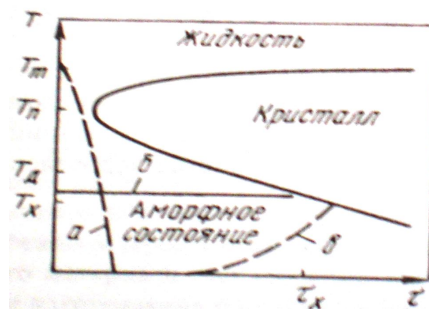


Рисунок 1. Схема диаграммы процесса образования фаз в переохлажденном расплаве: а) критическая скорость охлаждения с получением аморфного состояния; б) изотермический отжиг, приводящий к кристаллизации в период времени τ_x ; в) медленный нагрев, ведущий к кристаллизации при температуре T_x .

Аморфная структура характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов, благодаря чему в ней нет кристаллической анизотропии, отсутствуют границы блоков, зерен и другие дефекты структуры, типичные для поликристаллических сплавов.

Следствием такой аморфной структуры являются необычные магнитные, механические, электрические свойства и коррозионная стойкость аморфных металлических сплавов.

Существуют следующие методы получения аморфных металлов:

1. Осаждение металла из газовой фазы: вакуумное напыление, распыление и химические реакции в газовой фазе.

2. Затвердевание жидкого металла. К этой группе относятся различные методы закалки из жидкого состояния.

3. Введение дефектов в металлический кристалл. Сюда можно отнести методы облучения частицами поверхности кристалла, воздействия ударной волной и ряд других.

4. Имеется также одна особая группа методов, где речь идет об электролитическом осаждении аморфных пленок из растворов электролитов, главным образом водных.

В промышленном производстве аморфные металлы получают:

- катапультированием капли на холодную пластину;
- распылением струи газа или жидкости;
- центрифугированием капли или струи;

- расплавлением тонкой пленки поверхности металла лазером с быстрым отводом тепла массой основного металла;
- сверхбыстрым охлаждением из газовой среды.

Аморфные сплавы на основе металлических систем характеризуются специфическими физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, существенно отличающимися от свойств тех же сплавов в моно- и поликристаллическом состоянии.

К преимуществам аморфных материалов относятся: малая чувствительность магнитных параметров к внешним механическим воздействиям, большое удельное электросопротивление, наличие сплавов с хорошими свойствами, не содержащих дефицитных элементов, меньшая трудоёмкость изготовления. Для большинства аморфных сплавов характерна квадратная форма петли гистерезиса, и они относятся к классу самозащитающихся сплавов, т.к. могут самопроизвольно пассивироваться как в атмосферных условиях, так и в различных агрессивных средах.

Применение аморфных сплавов напрямую связано с их уникальными свойствами.

Высокие прецизионные и пружинные свойства позволили использовать аморфные материалы для изготовления пружин, мембран манометров, датчиков скорости, ускорения, крутящего момента, пружин часовых механизмов, весов, индикаторов часового типа и других прецизионных пружинных устройств.

Аморфные материалы используют для армирования трубок высокого давления, изготовление металлокорда шин и др., что связано с их высокой прочностью.

Высокая прочность в сочетании с коррозионной стойкостью позволяют использовать аморфные сплавы для изготовления кабелей, работающих в контакте с морской водой, а также изделий, условия эксплуатации которых связаны с воздействием агрессивных сред. Из аморфной ленты изготавливают предметы бытового назначения – бритвенные лезвия, рулетки и др.

Аморфные высокоуглеродистые сплавы, содержащие Cr, Mo, W, обладают высоким сопротивлением разрушению и термической стабильностью, такие сплавы используются в высокопрочных композициях.

Аморфные сплавы Fe-Si-B с высоким магнитным насыщением были предложены для замены кремнистых сталей в сердечниках трансформаторов. Экономия энергии вследствие снижения гистерезисных потерь составила только в США 300 млн./долл.

Из-за высокой начальной проницаемости, а также нулевой магнитострикции эти материалы находят применение в звуко-, видео-, компьютерном и другом записывающем оборудовании. Известно применение аморфных сплавов в качестве катализаторов химических реакций, специальных припоев, сверхпроводящих кабелей и др.

Аморфные металлы часто называют материалами будущего, что обусловлено уникальностью их свойств, не встречающихся у обычных кристаллических металлов.

Широкому применению аморфных металлов препятствуют высокая себестоимость, сравнительно низкая термическая устойчивость, а также малые размеры получаемых лент, проволоки, гранул. Кроме того, применение аморфных сплавов в конструкциях ограничено из-за низкой свариваемости.

УДК 669.018.8

Экономнолегированные коррозионно-стойкие стали

Студентка гр.104216 Белько О.С.
 Научный руководитель – Пучков Э.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Одним из основных направлений в разработке экономнолегированных нержавеющей сталей является создание безникелевых и малоникелевых сталей, в которых аустенитная структура обеспечивается легированием азотом и марганцем. Коррозионно-стойкие Cr-Mn-стали могут вполне конкурировать с Cr-Ni-сталями, если учесть различие мировых цен на никель и марганец, а также присущий марганцовистому аустениту благоприятный комплекс свойств.

Как следует из структурной диаграммы Fe-Cr-Mn (рис. 1), при содержании хрома 14 %, независимо от концентрации марганца в сталях, наблюдается переход от аустенитной к двухфазной аустенитно-ферритной структуре, так как марганец практически не расширяет область γ -твердых растворов при его концентрации более 14 %. Двухфазная $\alpha+\gamma$ -структура является неблагоприятной для Cr-Mn-сталей, так как ухудшает их технологические свойства при температурах горячей и холодной обработки давлением.

В связи с этим наибольший интерес представляют коррозионно-стойкие Cr-Mn-стали с аустенитной структурой.

Легирование марганцем сталей системы Fe-Cr-Ni широко используется для обеспечения достаточной растворимости азота при температурах кристаллизации жидкого металла. Введение 3-5 % Mn в хромонике-

левые стали, содержащие более 15 % Ni, в значительной степени улучшает их свариваемость, обеспечивая высокую стойкость металла шва против образования горячих трещин. Разработанные высокопрочные коррозионно-стойкие стали системы Fe-Cr-Ni-Mn-N аустенитного класса 07X21Г7АН5 (ЭП-222) и 03X20Н16АГ6 обеспечивают уровень характеристик прочности $\sigma_{0,2} \geq 370$ МПа; $\sigma_{\text{в}} \geq 700$ МПа при сохранении вязкости и пластичности до температур, близких к абсолютному нулю. Такие стали используются для изготовления крупногабаритного штамповарного оборудования криогенной техники.

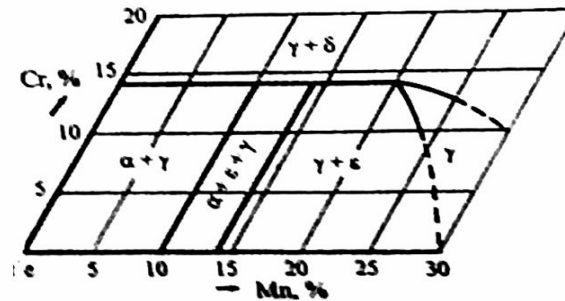


Рис.1. Метастабильная диаграмма Fe-Cr-Mn (закалка от 1100°C)

Значение предела прочности и предела текучести хромомарганцевых сталей выше, чем у хромоникелевых сталей, при всех содержаниях азота. В хромомарганцевых сталях ОХ17Г11 и 1Х18Г16, не содержащих азота, количество феррита составляет 28-30%. По мере увеличения содержания азота до 0,22-0,30% количество феррита уменьшается до 1,8-3,0% и сталь становится практически полностью аустенитной, чем достигаются максимальные пластические свойства. Увеличение растворимости азота в γ -твердом растворе под влиянием повышенного содержания марганца позволяет выплавлять коррозионно-стойкие высокопрочные стали с содержанием азота до 0,5 - 0,8 % традиционными способами и получать слитки с плотной микроструктурой без признаков газовой пористости.

По мере увеличения содержания углерода в стали до 0,22% увеличивается количество карбидной фазы Me_2C_6 , которая выделяется вдоль межфазовой границы аустенит-феррит и приводит к снижению в литом состоянии ударной вязкости и в некоторых случаях пластичности.

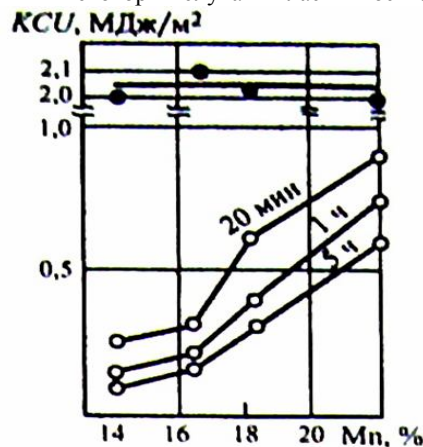


Рис.2. Зависимость ударной вязкости сталей X13AG(14-22) при -196°C: • - после закалки, o - после закалки и отпуска при 700°C (цифры у кривых - длительность отпуска)

Марганец в отличие от никеля повышает растворимость углерода в аустените, что приводит к снижению степени образования карбидных фаз в диапазоне температур 500 - 800 °C.

Растворимость углерода при 1000°C в аустените, содержащем 22 % Mn, более чем в 3 раза превышает растворимость углерода в стали без марганца. Этим объясняется положительное влияние марганца на ударную вязкость сталей X13AG после отпуска при 700 °C в течение 20 мин, 1 и 5 ч (рис. 2).

Закалка хромомарганцевых сталей от температуры 1150° приводит к резкому повышению ударной вязкости, пластические характеристики также повышаются. В закаленном состоянии с повышением содержания марганца прочность стали уменьшается, что связано с уменьшением мартенситных составляющих ($\alpha+\epsilon$). Но прирост прочности в результате пластической деформации тем выше, чем больше в стали концен-

трация марганца. По мере изменения исходной структуры от $(\alpha + \epsilon + \gamma)$ к $(\epsilon + \gamma)$ и далее к γ наблюдается значительное увеличение склонности сталей к деформационному упрочнению.

Это связано не только с более благоприятными кристаллографическими условиями для деформации ГЦК-решетки по сравнению с ГПУ- и ОЦК-решетками, но и со специфическим влиянием марганца на склонность сталей к наклепу. Марганец снижает энергию образования дефектов упаковки аустенита, а никель, наоборот, ее повышает.

Хромомарганцевые стали характеризуются удовлетворительной стойкостью против коррозионного растрескивания. Например, сталь 10X13Г18Д не разрушается при стандартных испытаниях в 42%-ном растворе MgCl под нагрузкой в течение 100ч и более.

Вследствие высокого содержания марганца, который благоприятно влияет на свариваемость хромоникелевых сталей, аустенитные хромомарганцевые стали дают возможность изготавливать из них качественные сварные конструкции всеми известными методами сварки.

Аустенитные хромомарганцевые стали обладают также достаточно высоким уровнем жаростойкости при температурах до 700 °С. Они превосходят по жаропрочности сталь 12X18Н9.

Испытания на общую коррозию кипячением в азотной кислоте показали, что исследуемые стали не уступают по стойкости литым никельсодержащим сталям (1X18Н9ГЛ, 1X18Н4Г4Л), причем при низком содержании углерода ($C < 0,08\%$) показывают даже более высокие результаты. То же можно сказать и о результатах коррозионных испытаний, проведенных в течение длительного времени в винах. В случае общей коррозии стойкость сталей повышается по мере уменьшения ферритной фазы в структуре и достигает максимума при содержании азота 0,19-0,22 %.

УДК 620.22

Выяснение причин разрушения резьбового соединения штока из стали 95X18

Студенты гр.104216 Валуй А.А., Белько О.С.
Научные руководители – Стефанович А.В., Борисов С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сталь 95X18 применяется для изготовления втулок, осей, стержней, шариковых и роликовых подшипников и других деталей, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости и работающих при температуре до 500 °С и подвергающихся действию умеренных агрессивных сред. Сталь коррозионная мартенситного класса. Эта сталь, имеющая ледебуритную структуру с избыточными карбидами, упрочняется после закалки в результате мартенситного превращения. Для улучшения обрабатываемости при точении рекомендуется отжиг при температуре 730-760 °С. Перегревы при закалке и низкотемпературный отпуск снижают ударную вязкость (охрупчивание материала), их следует избегать.

Для выяснения причин разрушения штока был выполнен ряд исследований:

1. Микроскопический анализ излома и измерение балла действительного зерна после термической обработки.

2. Определение балла карбидной неоднородности.

3. Измерение твердости различных частей штока.

4. Определение толщины обезуглероженного слоя методом измерения микротвердости.

5. Определение ударной вязкости.

Проведенный макроскопический анализ позволил определить хрупкий характер излома, характеризующийся отсутствием следов пластической деформации. Излом матовый мелкозернистый, балл зерна 9 – 10. Мелкозернистый излом и величина зерна свидетельствуют об отсутствии перегрева стали 95X18 и правильном выборе температуры закалки. Таким образом, температура закалки не является причиной хрупкого разрушения штока (рис. 1).



Рисунок 1 – Макроструктура излома

При проведении микроскопического анализа излома в сечении по оси штока была выявлена карбидная неоднородность стали, которая соответствует 3 баллу, что соответствует необходимым технологическим требованиям. Измерение твердости методом Роквелла различных частей штока выявило следующее:

1. Твердость шлифованной поверхности составляет 51-52 HRC, что соответствует температуре отпуска 500 – 550 °С. Для стали 95X18 данная температура отпуска находится в интервале температур отпускной хрупкости 1-го рода (450 – 600 °С), что значительно увеличивает склонность стали к хрупкому разрушению. Поэтому данной температуры отпуска следует избегать.

2. Твердость нешлифованной поверхности составляет 31-39 HRC. Более низкая твердость этой поверхности по отношению к шлифованной объясняется выгоранием углерода с поверхности детали при ее нагреве под закалку в окислительной (воздушной) атмосфере печи. Этим объясняется повышенная сминаемость резьбы из-за пониженной прочности стали в поверхности по причине пониженного содержания углерода.

Толщина обезуглероженного слоя составляет 0,4 мм и полное обезуглероживание (100 % феррита, рис.2) составляет ~ 0,1 мм. Наличие феррита на поверхности резко уменьшает прочность, что способствует зарождению трещины.



Рисунок 2 – Микроструктура обезуглероженного слоя стали 95X18

Проведенные испытания штока на ударный изгиб позволили установить ударную вязкость материала штока, которая равнялась 15 Дж/см². Эти значения вязкости подтверждают наличие отпускной хрупкости. Сталь закаленная с отпуском 200°С имеет КСУ 26,5 Дж/см², представленный шток 15 Дж/см², что почти в 2 раза меньше.

По результатам проведенной экспертизы можно сделать следующие выводы:

1. Причины хрупкого разрушения штока – неправильный выбор режимов термической обработки стали 95X18, приводящий к низким значениям вязкости.

2. Причиной сминаемости резьбы является нагрев стали под закалку в окислительной среде. Наличие ферритного слоя на поверхности способствует зарождению трещины.

3. Для изготовления представленного на экспертизу штока необходимо подобрать правильные режимы термической обработки, обеспечивающие высокую коррозионную стойкость и оптимальное сочетание прочности и вязкости.

УДК 669.14

Исследование возможности применения хромистых сталей для изготовления питателей установок по выпуску минеральной ваты

Студенты гр.104216 Белько О.С., Валуй А.А.
Научные руководители – Стефанович А.В., Борисов С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в теплоэнергетике, строительстве и других отраслях промышленности в качестве теплоизолятора широко применяют минеральную вату, полученную из расплава шлаков и горных пород. Для ее изготовления используется базальт, как наиболее легкоплавкое сырье.

Базальты содержат 45-55%SiO₂, 25%Al₂O₃, остальное составляют окислы железа, магния и других сопутствующих элементов.

Базальт расплавляется при помощи газовых горелок в специальных установках, футерованных магнетитом. В нижней части установки расположена металлическая плита – питатель – размерами 400x120x10 мм. Через отверстия диаметром 1,2 мм, равномерно расположенные на расстоянии 4-5 мм, пропускается расплав базальта, достигающий температуры 1300°С, который, застывая, при охлаждении воздухом, образует минеральную вату. Для предотвращения застывания расплава в отверстиях питатель нагревается выше 1100°С пропусканием тока от понижающего трансформатора.

Так как питатели работают в условиях высоких температурах и агрессивной окислительной среды их изготавливают из платины, которая обладает высокой температурой плавления – 1769°C и высокой коррозионной стойкостью. Срок их службы достигает 2-3 месяцев в условиях трехменной работы производства.

Уменьшение времени работы до разрушения происходит из-за нарушения технологических параметров установки. Уровень расплава в установке должен поддерживаться постоянным за счет постоянной подачи измельченного сырья. При уменьшении уровня расплава питатель подвергается перегреву, что приводит к уменьшению его работоспособности.

Истечение срока эксплуатации объясняется эрозией поверхности отверстий при взаимодействии с расплавом базальта и общей деформацией за счет явлений ползучести. Из-за этого явления могут появиться трещины, что приводит к протеканию расплава базальта между футеровкой и питателем, а также через трещины в питателе.

В виду дороговизны платины, были проведены исследования возможности использования сплавов, удовлетворяющих необходимым требованиям: высокая температура солидуса, во избежание диффузионной ползучести, и увеличение высокотемпературной прочности. При применении сплавов также повысится жаропрочность по отношению к чистым металлам из-за повышения температуры рекристаллизации.

Изготовление питателей из тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Ta) и их сплавов невозможно из-за высокой окисляемости.

Срок службы питателей из жаропрочных сталей 08X18H10T(ЭИ 914) и 20X25H19C2 ограничился 2 днями, что объясняется низкой температурой поверхности солидуса (1430°C и 1390°C, соответственно), которая из-за содержания углерода будет еще ниже.

Питатель, изготовленный из нихрома Х20Н80, также не показал высокой стойкости. Температура солидуса составляет 1400°C, что позволяет увеличить время использования до 3-4 дней.

Низкая стойкость сталей содержащих никель, кроме низкой температуры солидуса, может объясняться взаимодействием основных окислов никеля с кислой окисной средой базальта, что также приводит к усиленной эрозии поверхности отверстий питателя.

Элементы в системе железо-хром образуют неограниченный ряд твердых растворов при содержании хрома свыше 12%. Минимальная температура солидуса для сплава содержащего 22-23% хрома составляет 1510°C. Поэтому питатели, изготовленные из стали 15X25Т(ЭИ 439), работают без разрушения 20-30 дней, что экономично более выгодно, нежели применение платиновых питателей.

Однако питатели из стали 15X25Т выходят из строя за счет эрозии отверстий для пропускания расплава. Подвергаясь эрозии, отверстия увеличиваются до диаметра 2-х и более миллиметров, что часто ведет к их соединению, и как следствие – брак продукции, так как волокно становится очень грубым. Кроме этого, отверстия теряют правильную форму, происходит рост зерна. Окислы, сосредотачиваясь по границам зерен, приводят к резкому охрупчиванию стали.

Было предложено провести диффузионное хромирование, для повышения срока работы питателей, изготовленных из стали 15X25Т, за счет увеличения содержания хрома в поверхностной зоне отверстий.

Для исследования влияния диффузионного хромирования на эрозионную стойкость провели насыщенные образцов смесями различного состава при температуре 1050°C в течение 5 часов.

Составы хромирующих смесей:

1. 100 % (50 % феррохрома марки Х75+50%Al₂O₃)+1,5%NH₄Cl;
2. 100 % (30 % Al₂O₃+21%Al+49%Cr₂O₃)+0,5%NH₄Cl – алюмотермическая смесь.

Толщина хромированного слоя, полученного в смеси 2 составляет 120-130 мкм. Структура слоя состоит из α-твердого раствора и небольших включений σ-фазы в поверхностной части слоя.

Смесь 1 оказалась более активной, толщина слоя составляет 140-150 мкм. Структура состоит из основной зоны α-твердого раствора и поверхностной зоны σ-фазы (FeCr), что свидетельствует о содержании в поверхностной зоне около 50% хрома.

Это позволяет свести к минимуму влияние агрессивной окислительной среды, тем самым увеличить эксплуатационные показатели.

УДК 539; 537.8

Экспериментальное изучение наноструктуры алюминиевых литейных сплавов

Студенты гр. 641251 Шеленева О.В., гр. 631251 Ермолаев А.В.

Научный руководитель – Вальтер А.И.
Тульский государственный университет
Россия, Тула

Повышение качества сплавов имеет первостепенное значение для всех отраслей современного машиностроения, так как позволяет увеличить срок службы изделий, снизить их металлоемкость. Решение этой

задачи без применения современных нанотехнологий, позволяющих разрабатывать новые материалы на микроуровне невозможно.

Свойства литых алюминиевых сплавов могут зависеть не только от концентрационной неоднородности дендритных ячеек алюминиевого твердого раствора, но и от внутреннего строения – субструктуры. Основные количественные параметры субструктуры – плотность дислокаций ρ , средний линейный размер субзерен d' или дислокационных ячеек d'' , средний угол разориентировки по их границам θ . Внутри дендритных ячеек в процессе охлаждения ниже температуры солидуса и при последующей гомонизации могут образовываться вторичные выделения избыточных фаз, которые характеризуются средним линейным размером m_{BT} и плотностью распределения Λ_{BT} .

Основным современным методом исследования субструктуры является дифракционная электронная микроскопия.

Свойства литых алюминиевых сплавов могут зависеть не только от концентрационной неоднородности дендритных ячеек алюминиевого твердого раствора, но и от их внутреннего строения – субструктуры. Под субструктурой понимается внутренне строение дендритных ячеек первичных кристаллов алюминиевого твердого раствора.

Электронно-микроскопический анализ показал, что дислокационная структура существенно зависит от состава сплава. Условно наблюдавшиеся разновидности дислокационной структуры разделены на четыре типа: ячеистую, субзеренную, смешанную (ячеисто-субзеренную) и нерегулярную.

Тип дислокационной структуры в многокомпонентных промышленных сплавах определяется основными легирующими элементами, в относительно больших количествах содержащимися в алюминиевом твердом растворе. Другие легирующие элементы и примеси слабо влияют на характер субструктуры и общую плотность дислокаций.

Обработка полученных изображений и определение линейных размеров осуществлялось с помощью программного модуля *Image analysis*, входящего в состав программы управления микроскопом *Smena*.

Минимальный размер включений ~ 70 нм (рис. 1 и 2). Включения размером 0,7-2 мкм составляют 3 - 40%. Распад алюминиевого раствора, пересыщенного легирующими элементами при неравновесной кристаллизации, может протекать как во время изотермической выдержки при гомогенизационном отжиге, так и в процессе достаточно медленного после ее окончания.

При наличии в алюминиевом сплаве переходных металлов таких как, марганец, титан продукты распада пересыщенного в результате неравновесной кристаллизации алюминиевого раствора сохраняются в структуре при любых режимах гомогенизации. Это связано с малой скоростью диффузии переходных металлов в алюминии и сохранением их внутрикристаллитной ликвации после отжига.

В сплавах, содержащих марганец, его вторичные алюминиды, образующиеся во время во время изотермической выдержки при температурах 380 – 560 °С, концентрируются в основном на периферии дендритных ячеек, где повышена концентрация марганца. В приграничных районах, обедненных марганцем, эти включения не образуются.

Частицы включений тормозят движение дислокаций, тем самым, обеспечивая повышение прочности сплава. Включения размером 50 – 100 нм образуются в Al – матрице при кристаллизации расплава.

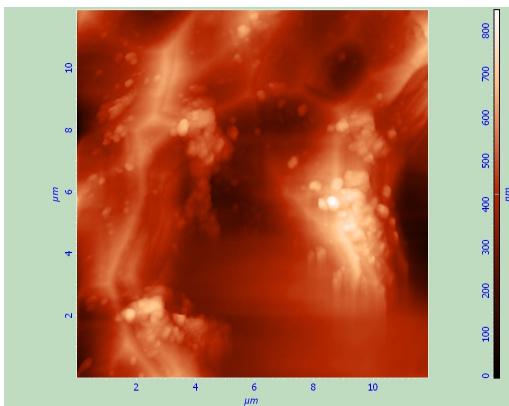


Рисунок 1

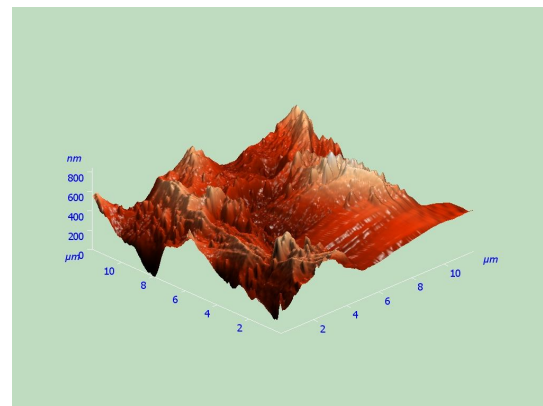


Рисунок 2

Размер блоков микроструктуры находится в пределах 0,6 – 1,2 мкм. При этом особенностью дисперсно наполненных композиционных материалов, к которым в первом приближении можно отнести и рассматриваемый сплав, является наличие межфазных границ, которые включают в себя и высокопрочный оксид алюминия (рис. 3 и 4).

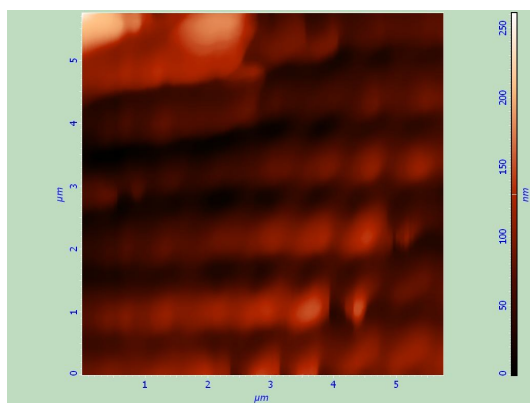


Рисунок 3

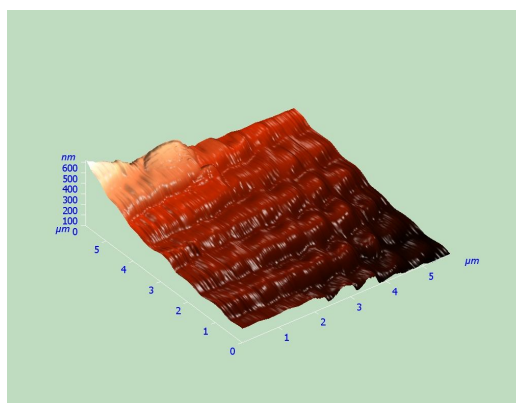


Рисунок 4

С одной стороны, прочность связи по этим границам определяет функционирование материала, как конструкционного. С другой стороны, границы раздела при внешнем воздействии на материал служат источником развития таких физико-химических процессов, как локализация пластического деформирования и тепловых эффектов, механическое легирование и появление новых фаз, в том числе и наноразмерного диапазона, дробление и перераспределение частиц, разрушение и восстановление связей «частица-матрица», что, в конечном счете, ведет к наноструктурированию материала.

Образование наноструктуры неразрывно связано и с электронным строением, как основного металла, так и легирующих элементов. Для оценки металлических растворов с теми или иными межатомными связями необходимо знание радиусов атомов, соответствующих этим межатомным связям.

УДК 669.018:669.046.5

Влияние железа на морфологию силуминов

Студент гр. 104125 Ефремов А.А.

Научный руководитель – Волочко А.Т.

Научный консультант – Изобелло А.Ю.

Белорусский национальный технический институт
г. Минск

Целью настоящей работы является: минимизация вредного влияния железосодержащих фаз, проведение рафинирования.

Промышленные силумины являются гетерофазными сплавами, и их свойства во многом определяются формой включений эвтектического кремния и железосодержащих фаз.

Появление железосодержащих фаз обусловлено примесью железа, которая, как правило, находится в силуминах в максимально допустимых концентрациях. Основным источником насыщения алюминиевых расплавов железом являются чугуны тигли раздаточных и плавильных печей, заливочные ковши, переплавляемый алюминиевый лом, содержащий стальные вкладыши и элементы крепления, не удаляемые перед плавкой.

Минимизация вредного влияния железосодержащих фаз наблюдается после легирования расплава марганцем, хромом, молибденом; использования высоких скоростей охлаждения; оттаивания под действием сил тяжести; направленной кристаллизации; фильтрации и некоторых других способов.

Нами была проведена оценка возможности отделения железосодержащих фаз с помощью легирования алюминий-марганцевой лигатурой и фильтрации сплава через ячеистый керамический фильтр с размером ячейки 1,05-2 мм и толщиной 2-3 мм (рисунок 1). Исследования проводили на алюминиевом сплаве АК12М2MgH с содержанием железа около 3,5 %.

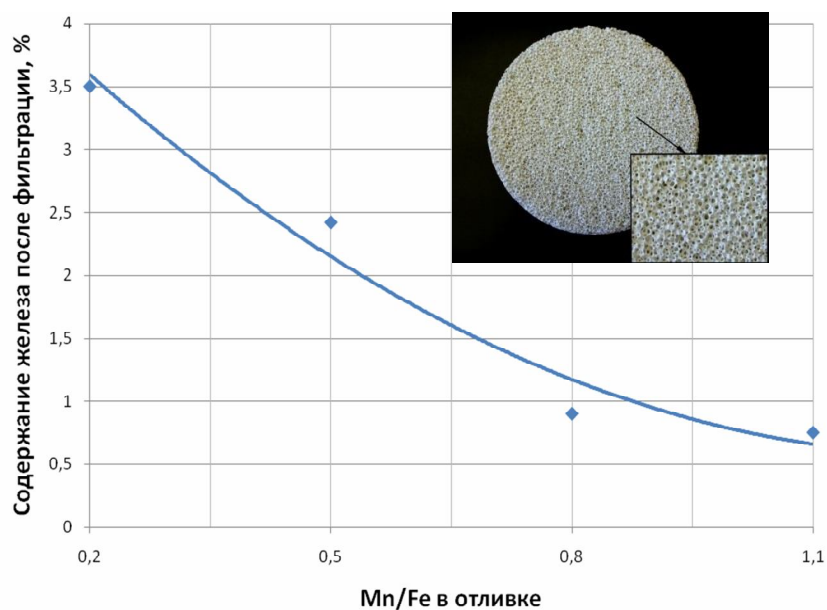


Рисунок 1 – Изменение содержания железа в алюминиевом сплаве АК12М2МгН, обработанного лигатурой Al-15Mn при различном соотношении Mn/Fe в отливке

Результаты исследований показали, что с увеличением соотношения Mn/Fe в отливке, содержание железа уменьшается после фильтрации.

Возможность локализации основной части железистых фаз проведена с помощью центробежного литья (рисунок 2). Процесс осуществлялся при температуре расплава 650 °С, обработанного предварительно марганцем в соотношении Mn/Fe = 0,5. Скорость вращения формы составляла 250–300 об/мин.

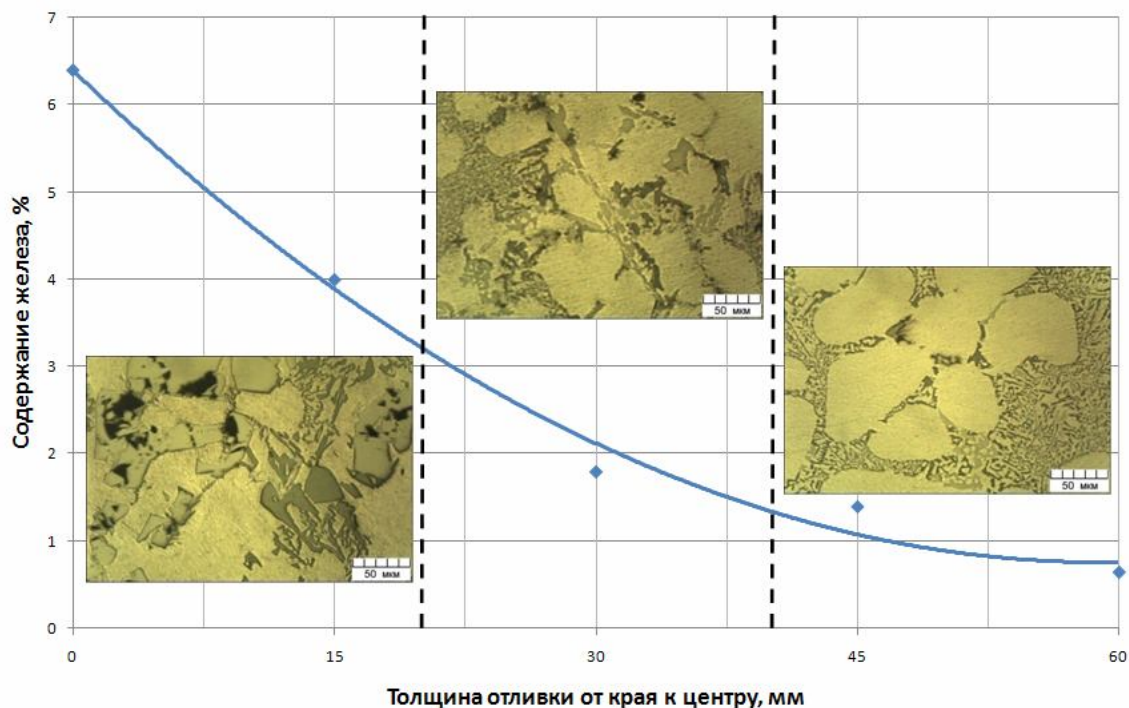


Рисунок 2 – Зависимость содержания железа в различных слоях отливки АК12М2МгН с 3,5 % Fe, после центробежного литья

Перераспределение содержания железистых фаз по всей толщине отливки во внутренних слоях снижается в 3-4 раза до уровня 0,6 - 0,8 %, соответствующего ГОСТ 1583 - 93.

Таким образом, представляется возможным организация производства очистки алюминиевых сплавов от вредного содержания железа в условиях фильтрации с использованием центробежных сил.

УДК 621.785

Методы определения углеродного потенциала насыщающей среды в процессе газовой цементации

Студентка гр. 104515 Медведева М. В.

Научный руководитель – Борисов В. Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме определения и регулирования углеродного потенциала насыщающей среды.

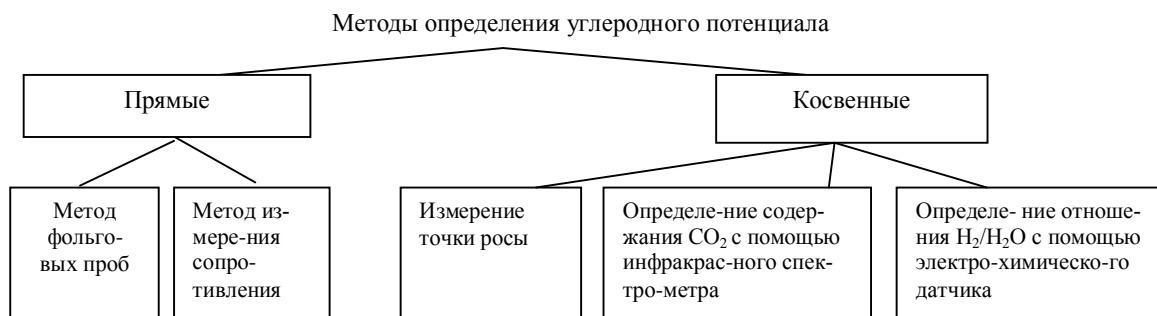
Газовая цементация является технологической операцией, повышающей твердость, износостойкость, сопротивление усталостной и контактной прочности сталей.

В общем случае под цементацией понимают комбинированный процесс термообработки, который состоит из двух подпроцессов:

- науглероживания, представляющего собой сочетание термического и химического процессов для обогащения поверхности углеродом до концентрации 1,1 – 0,7 %С;
- закалки, при которой осуществляют термический процесс для образования однородной дисперсной структуры мартенсита в поверхностном слое.

Для достижения регламентированных свойств цементованных изделий необходимо обеспечить поддержание и регулирование заданных параметров науглероживания и закалки с требуемой точностью на протяжении всего технологического процесса цементации. [1, 2]

Основное преимущество газовой цементации – возможность автоматического регулирования углеродного потенциала, который характеризует ее науглероживающую способность, обеспечивающую определенную концентрацию углерода на поверхности цементованного слоя.



В газовой цементации созданы достаточно точные качественная и количественная модели углеродного потенциала печной атмосферы. Были разработаны и серийно выпускаются средства косвенного определения во времени величины углеродного потенциала. Эти средства прошли сложный путь развития от стеклянных газоанализаторов, через приборы точки росы, инфракрасные выносные газоанализаторы к погружным кислородным зондам.

Разработка электрохимических анализаторов кислорода (O₂) на основе твердоэлектrolитных ячеек позволила обеспечить определение и автоматическое регулирование углеродного потенциала с точностью ±0,05%С.[1]

Применение технологии с автоматическим регулированием углеродного потенциала и заданным его распределением в печи позволяет:

- получить требуемое распределение концентраций углерода по толщине упрочненного слоя;
- повысить ресурс тяжело нагруженных шестерен;
- продлить срок службы печного оборудования;
- устранить образование сажи в печи;
- улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

Регулирование углеродного потенциала печной атмосферы обеспечивает получение цементированного слоя заданной глубины и создание диффузионного слоя с заданной микроструктурой. Управление цементационной атмосферой в печи позволяет исключить брак по микроструктуре слоя и получить стабильные свойства поверхности цементированных деталей.

Литература

1. А.А. Сусин. Химико-термическое упрочнение высоконапряженных деталей.-Мн.: Беларуская навука, 1999.
2. Технология термической обработки стали: Справ./Пер с нем. Б. Е. Левина/ Под ред. М. Л. Берштейна. М.: Металлургия, 1981.

Машины и технология литейного производства

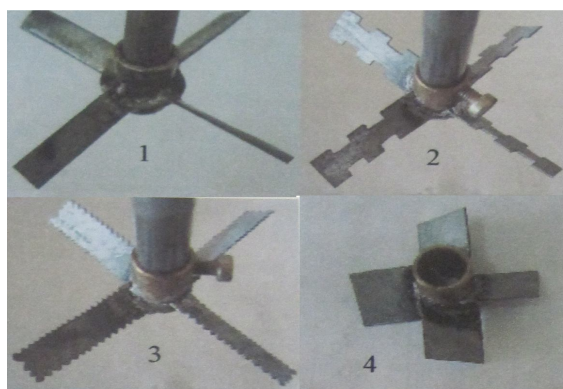
Исследование режимов перемешивания компонентов противопригарных покрытий для литейных форм и стержней

Студент гр.104315 Бодас О.В.
 Научный руководитель – Кукуй Д.М.
 Научный консультант – Николайчик Ю.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

В технологическом цикле изготовления отливок для обеспечения высокого качества отливок применяются противопригарные покрытия для литейных форм и стержней. Основное назначение противопригарных покрытий: увеличивать поверхностную прочность форм и стержней; уменьшать шероховатость поверхности отливок; предотвращать образование пригара; придавать поверхности отливок заданные свойства. Сегодня в Беларуси испытывается дефицит противопригарных покрытий: большинство поставляются на машиностроительные предприятия Беларуси из-за рубежа в готовом виде, а часть приготавливаемых в условиях самих заводов морально устарели и не обеспечивают получение отливок высокого качества. Поэтому изучение механизмов и способов получения покрытий не только актуальная задача, но и требует конкретных решений.

Целью работы – изучение влияния режимов перемешивания и приготовления противопригарных покрытий на их свойства.

Как известно, противопригарные покрытия представляют собой суспензии – дисперсные структуры, включающие огнеупорный наполнитель (основу), связующее, суспензирующее вещество, растворитель (воду или органическую жидкость), и вспомогательные компоненты, обеспечивающие получение систем с заданными технологическими свойствами (например, разжижители, смачиватели, антисептики). Сущность приготовления противопригарных покрытий заключается в последовательном смешивании (введении) системы жидких и порошкообразных компонентов). Известны различные методы приготовления противопригарных покрытий: механический, циркуляционный, струйный, пульсационно-струйный, барботажный, газлифтный, электромагнитный и магнитно-вихревой. В практике наибольшее распространение получил механический метод, осуществляемый путем механического воздействия рабочего органа (мешалки) на рабочую среду. Наиболее важное значение в работе перемешивающего аппарата имеет тип и конструкция перемешивающего устройства, работа которого заключается в превращении упорядоченной механической энергии вращающихся элементов в неупорядоченную тепловую энергию за счет сил сопротивления, создаваемых корпусом аппарата. В результате этого перемешивающее устройство осуществляет диссипацию энергии в объеме аппарата, величина которой зависит как от конструкции мешалки и характеристик привода, так и от конструкции аппарата и его внутренних устройств.



1 – образцовый импеллер с прямыми лопастями ($Re_{ц}=41920$); 2- импеллер с 4-мя перфорациями граней ($Re_{ц}=31487$); 3 - зубчатый импеллер с прямыми лопастями ($Re_{ц}=36517$); 4- импеллер с укороченными лопастями ($Re_{ц}=11924$)

Рисунок 1 – Номенклатура импеллеров используемых для приготовления противопригарных покрытий

В настоящей работе были изучены технологические и эксплуатационные свойства противопригарных покрытий, полученных при разных условиях перемешивания (изменений условий перемешивания обеспечено за счет применения рабочих органов – импеллеров с различными геометрическими характеристиками рис.1). В результате проведенных исследований установлено, что применение различных импеллеров ока-

зывает влияние, не только на качество противопригарных покрытий, но и на затраты энергии, необходимой для их приготовления.

УДК 693.22.004.18

Определение межпластиночных ферритоцементитных расстояний в сталях с использованием компьютерных технологий

Студент гр. 104327 Бэйнер М.В.

Научный руководитель – Чичко А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что перлит является важнейшей структурной составляющей стали. Микроструктуры перлитных сталей, полученные в неравновесных условиях, состоят из неоднородно распределенных эвтектоидных колоний. Важнейшей характеристикой этих колоний является межпластиночное феррито-цементитное расстояние. Поэтому определение межпластиночных расстояний перлита в сталях является важной научно-технической задачей. В работе использовался метод секущих, реализованный с помощью компьютерной обработки изображений микроструктуры.

Целью настоящей работы является разработка методики и алгоритма расчета межпластиночных расстояний перлита в микроструктуре стали.

В качестве образцов исследования использовали микроструктуры образцов сталей, взятых на РУП «Белорусский металлургический завод». На первом этапе были проведены исследования межпластиночных расстояний для различного числа измерений. Определение проводилось с помощью программы обработки изображений АОМ-2 (разработка БНТУ). Ниже представлен алгоритм метода.

Шаг 1. Множественное измерение межпластиночного расстояния для выбранного участка микроструктуры одного образца. Схема измерений представлена на рисунке 1.

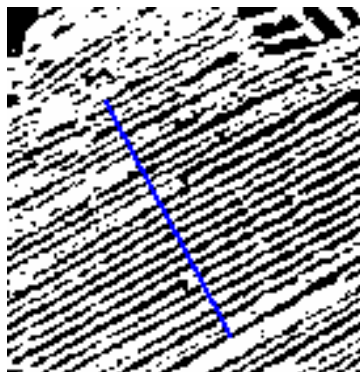


Рисунок 1 – Схема метода секущих для определения межпластиночных расстояний

Шаг 2. Определение интервалов распределения значений измерений.

Шаг 3. Определение частоты попадания значений межпластиночных расстояний в интервалы.

Шаг 4. Построение функции плотности распределения межпластиночных расстояний.

На втором этапе аналогичный процесс проводили для другого образца. Использовали 100, 150, 200, 250, 300 измерений для десяти микроструктур. На рисунке 2 представлены данные исследований. Как видно из рисунка, с увеличением количества измерений функция плотности распределения «растекается» по оси абсцисс.

На третьем этапе определяли доверительный интервал для различного числа измерений межпластиночного расстояния. На рисунке 3 представлены результаты исследований. Использовался следующий алгоритм для определения доверительного интервала.

Шаг 1. Вычисление среднего значения межпластиночных расстояний.

Шаг 2. Вычисление суммы квадратов отклонений от средней величины по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n (d_{\text{пп}}^i - \bar{d}_{\text{пп}})^2.$$

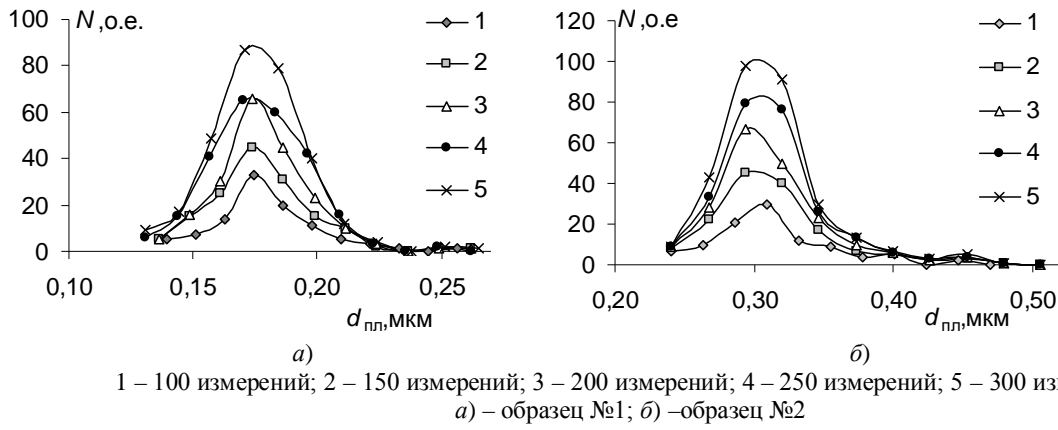


Рисунок 2 – Функции распределения межпластиночных расстояний перлитной стали для различного числа наблюдений для различных образцов

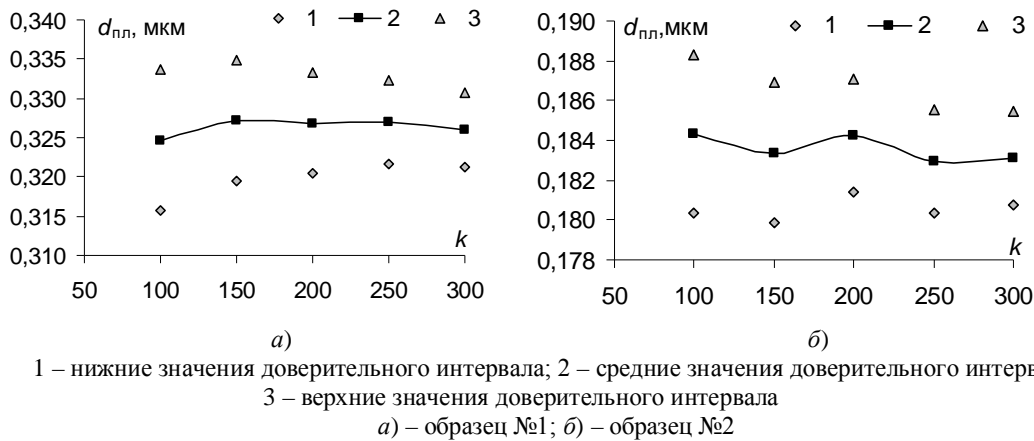


Рисунок 3 – Зависимость среднего межпластиночного расстояния перлита от числа его измерений

Шаг 3. Вычисление среднеквадратической ошибки по формуле

$$s_n(\bar{d}_{пл}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{пл}^i - \bar{d}_{пл})^2}{n(n-1)}}$$

Шаг 4. Вычисление отклонения измеренных значений межпластиночного расстояния $d_{пл}$ от истинного значения этой величины с заданной вероятностью $p = 0,95$ по формуле

$$\Delta d_{пл} = t_n(p) s_n(\bar{d}_{пл}),$$

где $\Delta d_{пл}$ – отклонение x от x_0 , $t_n(p)$ – коэффициент Стьюдента, p – доверительная вероятность.

Шаг 5. Определение доверительного интервала по формуле (1) и изображение его на графике.

$$[\bar{d}_{пл} - \Delta d_{пл}; \bar{d}_{пл} + \Delta d_{пл}]$$

Таким образом, предложен алгоритм определения среднего межпластиночного расстояния по компьютерному изображению микроструктуры, позволяющий улучшить степень автоматизации работ металловеда. Показано, что с увеличением числа измерений, за счет применения компьютерной технологии, позволяет повысить точность определения межпластиночного расстояния и снизить его доверительный интервал.

Производство отливок по газифицируемым моделям

Студентка гр. 104325 Меленяко О. В.
Научный руководитель – Скворцов В. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В последние годы в США, Китае, европейских странах интенсивно внедряется литье по газифицируемым моделям (ЛГМ) как наиболее недорогой и мало загрязняющий окружающую среду способ получения точных отливок. Джeneral Моторс, Форд, БМВ, Фольксваген, Пежо-Ситроен, Рено Фиат и ряд других фирм автостроения полностью перешли в 1980-90 гг. на изготовление отливок блоков цилиндров, головок блока, коленчатых валов и ряда др. деталей наиболее массовых двигателей методом ЛГМ.

Пределы развеса отливок при ЛГМ впечатляющи, от 100 г до 5 и более тонн из различных металлов: чугуна, стали, алюминиевых, медных и специальных сплавов. Литейный цех, работающий по ЛГМ процессу, отличается от цехов литья в песчаные формы со связующим: 1) структурой; 2) технологическим процессом и оборудованием; 3) материальным и энергетическим обеспечением; 4) специализацией и количеством персонала. Отличия ЛГМ от других методов литья не касаются процесса получения жидкого металла. Определение необходимой массы жидкого металла производится с учетом того, что допуски на последующую механическую обработку элементов отливки (отверстий, пазов, наружных и внутренних размеров) составляют 0,2-0,5 мм и зависят в основном от способа получения пенополистироловой (ППС) модели.

Коренное отличие - в модельном и формовочном отделениях и отсутствии стержневого и смесеприготовительного отделения. Из-за того, что единственным формовочным материалом является природный кварцевый песок, выбивное отделение намного проще и имеет меньше технологического оборудования. Указанные отличия облегчают механизацию и автоматизацию всего литейного процесса.

Формовочный песок постоянно находится в многократном обороте, отсутствие в нем связующего позволяет восстановить его для повторного использования без большого количества технологического оборудования и, соответственно, площадей. Выбивка отливки также не представляет трудности, т.к. сухой несвязанный формовочный песок легко высыпается из контейнерной формы, а очистка отливки не требует трудоемких операций как при литье в песчано-глинистые формы, ХТС, ЖСС или по выплавляемым моделям. Формовочные, заливочные, выбивные площадки значительно чище, пыль, образующаяся при выбивке и др. операциях, легко удаляется местными вытяжными зондами с рабочих мест. Это способствует повышению культуры производства.

Повышение точности размеров и чистоты отливки экономит жидкий металл. В частности эта технология позволяет получать отливки с чистотой поверхности Rz 40, с весовой и размерной точностью до 7 класса по ГОСТ 26645-85. Это достигается путем получения более точной (с учетом усадки металла) однофазовой модели в качественных металлических пресс-формах, соблюдения технологических операций при отсутствии снижающих точность отливки сборки формы и протяжки модели при формовке. Пенополистироловая модель дает точное воспроизведение отливки, позволяет проверить предъявляемые к детали требования по ее размерам и геометрии и без затрат средств до запуска детали в производство ввести необходимые конструкторские коррективы. Особенно такое преимущество ЛГМ проявляется при получении деталей с криволинейными поверхностями, свойственными лопаткам турбин, деталям насосов, коронкам зубьев и др. Еще одним преимуществом является возможность изготовления сложной или крупной пенопластовой модели поэлементно несложной сборкой в цельную модель.

Гибкость техпроцесса также характеризуется возможностью выбора из четырех широко применяемых способов получения пенополистироловых моделей: 1) вырезанием горячей струной из блочного полистирола; 2) фрезерованием на 3-координатном станке с ЧПУ по чертежу детали; 3) выпеканием в автоклавах с камерой объемом от 100 до 1000 литров; 4) изготовлением на полуавтоматах методом теплового удара. Готовые модели собирают в модельные блоки с элементами литниково-питающей системы (ЛПС), сборку осуществляют тепловым способом или склеиванием. При малых размерах модели собирают в куст на одном стояке. Сборный блок/куст окрашивают и сушат. Высушенными их можно хранить очень долго, они не теряют своих размеров и свойств.

Процесс заливки несколько отличается от заливки при других видах литья. Различие состоит в том, что пенополистироловая модель, температура плавления которой находится в пределах 80-120 °С, под действием тепла жидкого металла переходит в газообразное состояние, в объеме превышающем объем модели в сотни раз. Образовавшиеся газы в процессе заливки высасываются из песчаной формы (контейнерной опок) вакуумным насосом. Приемлемыми являются водокольцевые вакуумные насосы, как наиболее безопасные и производительные. Мощность насоса зависит от программы выпуска отливок. Откачанные газы разлагаются в процессе деструкции в стоящей за насосом установке дожигания в слое катализатора, превращаются в двуокись углерода, пары воды, свободные молекулы азота и др. газов и выпускаются в атмосферу.

Уровень вредности этих газов в рабочей зоне цеха ниже ПДК в десятки раз. Частицы песка, увлекаемые отсасываемыми газами, осаждаются в осадителях.

Предельно упрощенный процесс формовки состоит в том, что собранные и покрашенные кусты моделей или блоков, один или несколько, устанавливают на песчаную «постель» в контейнере и засыпают песком. После этого заполнение песком всех объемов модели (каналов, выемок, отверстий и др.), а также его уплотнение осуществляется вибрацией в течение 1 - 2 мин.

Самым большим отличием цеха ЛГМ от других является модельное отделение. Качество модели служит определяющим фактором качества отливки, точности размеров, шероховатости поверхности, выхода годного (может достичь 95-98%). Основным критерием при выборе модельного оборудования является серийность отливок. Наличие оборудования для вырезки горячей проволокой предпочтительна так как элементы литниково-питающей системы, прибыли в большинстве случаев изготавливают из блочного полистирола. Единичные отливки любых габаритов и конфигураций также выгоднее изготавливать поэлементно из блочного полистирола и склеивать в целую модель. Для предприятий с выпуском большой номенклатуры отливок малой серийности предпочтительнее изготавливать модели автоклавным способом, а с выпуском крупносерийных отливок - на пресс-автоматах, хотя пресс-формы для них стоят на порядок выше пресс-форм для автоклавного спекания и стоимость автоматов намного выше. Получение модели методом спекания требует наличия подвспененного полистирола, который затем задувается в пресс-формы задувным устройством эжекторного типа. Последующая выдержка и просушка производится в бункерах.

После извлечения отливок и высыпания песка из форм его очищают. Общая потеря формовочного материала, отсеянная на сите и осажденная пылеулавливателями, составляет 3-5% от сменной потребности.

УДК 669.14.018.252

Перспективные методы ввода наномодификаторов в расплавы железоуглеродистых сплавов

Студент гр. 104315 Ероховец П. А.
Научный руководитель – Рудницкий Ф. И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время преобладающим способом ввода модификаторов и ферросплавов в расплав является способ ввода кусковых материалов. Этот способ очень прост, дешев, но малоэффективен и неэкономичен, так как степень усвоения модификаторов очень низкая. С целью увеличения степени усвоения модификатора, экономии и усиления модифицирующего эффекта целесообразно применять наномодификаторы. Однако для снижения угара наномодификаторов необходимо использовать совершенно иные способы их ввода в расплав.

Среди методов, позволяющих увеличить степень усвоения элементов, входящих в состав наномодификаторов можно отметить, во-первых, **метод выстреливания пули**. Разработчик этого способа Японская фирма «Sumitomo». Пуля представляет собой алюминиевую оболочку, внутри которой находится порошковый наномодификатор. Пули вводятся в донную часть ковша. Масса пули - 0,5-1,2 кг; диаметр - 10-50 мм; длина - до 550 мм. Для обеспечения оптимальных гидродинамических условий при движении пули вниз, а также при последующем подъеме в объеме металла рекомендуется отношение длины пули к ее диаметру более 11,5. Первоначальная скорость пули зависит от давления газа (азота или воздуха) и составляет 50-70 м/с. Пневматический «пулемет» может иметь один или два ствола. Скорострельность пулемета - 400-800 пуль/мин. Применение этого способа ввода позволило сократить расход модификаторов на 20-25% при лучшем качестве металла.

В настоящее время, наибольшее распространение для введения ферросплавов в металл получили два способа:

- *обработка порошковой проволокой;*
- *продувка порошкообразными ферросплавами.*

Обработка металла порошковой проволокой. Способ введения в жидкую сталь смесей и сплавов в виде нанопорошка, спрессованного в стальную трубчатую оболочку (порошковая проволока - ПП) получил широкое распространение в ряде промышленно развитых стран с середины 80-х годов XX столетия. Такую проволоку **«cored wire»**, вводят в металл, находящийся в ковше, в промежуточном ковше, кристаллизаторе или изложнице, а также при доводке металла на установках типа «ковш-печь» с заданной скоростью и расходом материала при помощи специальных аппаратов (трайб-аппаратов).

Такой способ ввода ограничивает тепловой поток на реагент в начале обработки, предотвращает его взаимодействие с расплавом в верхних слоях металла, способствуя плавлению реагента в нижних горизонтах жидкого металла, что увеличивает время контакта и позволяет более эффективно использовать элемен-

ты, имеющие низкие температуры плавления, кипения и малую растворимость в металле. Способ находит все большее применение при выпечной обработке стали.

Стальная оболочка проволоки выполняет несколько функций:

- защищает нанопорошкообразные реагенты от взаимодействия атмосферы, влаги во время хранения и транспортировки;
- предохраняет от окисления при прохождении через слой шлака на поверхности металла;
- обеспечивает соответствующую жесткость, необходимую для прохождения металлического и шлакового слоев;
- задерживает быстрый непосредственный контакт реагентов с жидкой сталью, что позволяет путем изменения скорости введения проволоки и толщины ее оболочки регулировать глубину погружения легирующих добавок.

Продувка стали порошкообразными ферросплавами. Продувка металла порошками в сталеплавильном агрегате или ковше является логическим использованием условий оптимального массопереноса, при котором обеспечивается максимальный контакт вдуваемых твердых реагентов с жидким расплавом, высокая скорость их взаимодействия и степень использования вдуваемых материалов. Сущность метода заключается в продувке порошкообразных наномодификаторов в расплав через футерованную фурму инертным газом.

В лаборатории МиТЛП БНТУ проводили модифицирование литой быстрорежущей стали Р6М5Л наноструктурированными добавками диборида титана. Порошкообразный наноструктурированный диборид титана вводили в расплавленную сталь продувкой через футерованную фурму аргоном. В результате модифицирования измельчается первичное зерно, сетка ледебуритной эвтектики разрывается, эвтектика приобретает тонкое строение и располагается в виде изолированных колоний. Эвтектическая составляющая по морфологическому типу скелетообразная, что характерно для борсодержащей быстрорежущей стали. Однако механизм разрушения экспериментальной стали близок к механизму разрушения стали, модифицированной титаном – внутризеренный. В поверхностях разрушения наномодифицированной стали преобладает ямочный микрорельеф, что свидетельствует о высокой энергоёмкости такого механизма и повышенной ударной вязкости образцов. В результате проведенных исследований установлено:

- выбранная методика ввода наномодификаторов способствует их хорошему усвоению, что доказывает химсостав стали;

- наномодифицирование быстрорежущей стали сильными карбидообразующими элементами (титаном, бором) в установленных количествах оказывает заметное влияние на морфологию структуры литой быстрорежущей стали, приводит к измельчению зерна (в 1,5-2 раза), раздроблению эвтектики, уменьшению количества неметаллических включений (в 1,5-2,5 раз) за счет инокулирующего, поверхностно-активного и рафинирующего воздействия и также за счет микролегирующего эффекта – образования карбоборидов, обладающих высокой твердостью. При этом повышается ударная вязкость в 1,2-1,3 раза, теплостойкость литой стали на 1-1,5 HRC и износостойкость в 1,5 раза.

УДК 621.74

Основные направления реконструкции литейно-термического цеха ОАО «Мотовело»

Студент гр. 304314 Сашек Д.Н.

Научный руководитель – Одиночко В.Ф.

Белорусский государственный университет
г. Минск

Проектная мощность участка действующего литейно-термического цеха – 1020 т/год. В настоящее время из-за физического и морального износа оборудования, участок может произвести отливок не более 450 т/год.

Реконструкция действующего цеха направлена на увеличения производственной программы до 1281,5 т/год. Проектное предложение предусматривает перевод действующего производства на 2-х сменный режим работы с полной заменой устаревшего и изношенного оборудования. Для организации технологического поточного производства необходимо все отдельные существующие пристройки вдоль цеха достроить и превратить в общую пристройку 5-ти метровой ширины. Таким образом, ширина литейно-термического цеха увеличится до 17 м. Высоту литейного цеха необходимо увеличить до 8,4 м. Эти меры позволят обеспечить обслуживание технологического оборудования транспортом, вентиляцией по технологическим нормам.

Для экономии электроэнергии, производственных площадей и повышения производительности плавильного участка предполагается замена печей ИСТ 0,16 с машинными генераторами на индукционные плавильные печи с тиристорными преобразователями мод. ИСТ 0,25/0,32И1.

Физически и морально устаревшее технологическое оборудование для изготовления отливок по выплавляемым моделям предлагается заменить механизированной линией ЗАО «ЛИТАФОРМ». Данная линия позволит получать отливки в формах без опорного наполнителя. Опыт успешной эксплуатации подобного оборудования на ЗАО «Псковский завод точного литья» и ОАО «Автодизель» (г. Ярославль) дает основание предположить, что применение указанной линии позволит:

- снизить себестоимость литья на – 15-20 %;
- сократить расход природного газа в 10 раз;
- сократить время прокаливания в 3 раза;
- исключить расход жаропрочных материалов на опоки и прочую оснастку;
- устранить брак отливок по «песчаному засору»;
- увеличить производительность труда;
- повысить размерную точность и качества отливок;
- улучшить условия труда.

УДК 621.74

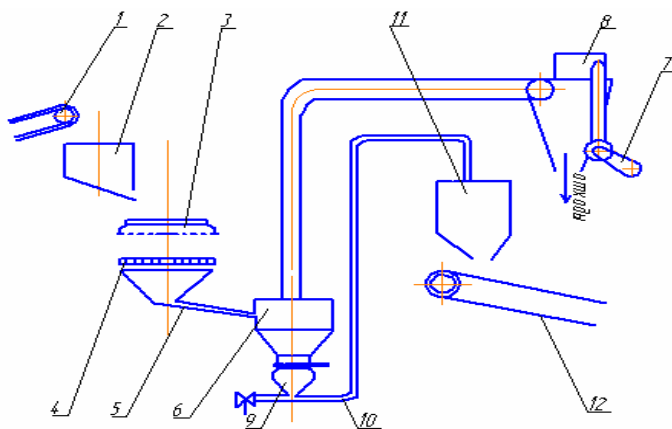
Регенерация формовочного песка из бракованных стержней в СЛЦ № 2 «МАЗ»

Студент гр. 104325 Свирщевский А.П.
 Научный руководитель – Одинокко В.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Использование прогрессивных технологий для производства высококачественных отливок - основа литейного производства. Для таких технологий необходимы, в основном, высококачественные формовочные пески, нехватка которых остро ощущается в настоящее время. Другая проблема, требующая быстрого решения - необходимость сокращения выбрасываемых литейными цехами отходов, содержащих вредные вещества и соединения, так как плата за захоронение отходов нередко в несколько раз выше стоимости свежих материалов.

Основной способ сокращения расхода свежих песков и снижения вредных выбросов - регенерация формовочных песков с последующим многократным их использованием. Наиболее распространены в настоящее время сухие способы регенерации - механический, термический и комбинированный.

С целью сокращения затрат на вывоз и захоронение отработанной смеси в СЛЦ №2 «МАЗ», из которого ежегодно вывозится в отвал около 2000 т отработанной смеси, планируется внедрить установку производства «БЕЛНИИЛИТ» по восстановлению зерновой основы кварцевых песков из бракованных стержней.



Технологическая схема процесса регенерации формовочного песка из бракованных стержней: 1 - ленточный конвейер, 2 - бункер-накопитель, 3 - установка вибрационная, 4 - сито, 5 - желоб, 6 - классификатор, 7 - вентилятор, 8 - циклон, 9 - насос камерный, 10 - трубопровод, 11 - бункер, 12 - конвейер ленточный

Принцип работы установки (технологическая схема процесса регенерации формовочного песка из бракованных стержней) следующий: раздробленные комья стержней ленточным конвейером 1 подаются в бункер-накопитель 2. Откуда они попадают на вибрационную установку 3. Далее происходит просеивание смеси через сито 4. Затем просеянная смесь через желоб 5 подается в классификатор 6, где производится

очистка зерен песка от пленок смолы за счет приведения массы смеси в псевдосжиженное состояние. Удаление пыли производится с помощью вентилятора 7 через циклон 8. Восстановленный песок из классификатора попадает в промежуточную емкость, а далее в камерный насос 9, с помощью которого по трубопроводу 10 пневмотранспортом он подается в бункер-накопитель восстановленного песка 11, из которого ленточным транспортером 12 регенерат подается на участок смесеприготовления.

Переработка отходов, образующихся в результате отбраковки стержней, а также просыпей стержневой смеси позволит сберечь средства завода за счет сокращения закупок свежих песков, а также снижения затрат на оплату расходов на захоронение отходов. Смеси, подвергаемые регенерации – бракованные стержни и просыпи от стержней по «Hot-box», «Альфа-сет» «Амин»-процессам.

При внедрении этой установки в СЛЦ № 2 «МАЗ» затраты на электроэнергию составят - 3695 руб., зарплата от выработки 1т регенерата -5263 руб., суммарные затраты: зарплата и электроэнергия - 8958 руб., затраты на ремонт и обслуживание установки - 2632 руб., стоимость выработки 1т регенерата - 11590 руб., затраты на приобретение свежего песка и захоронение отходов – 110200 руб. Экономия от 1т произведенного регенерированного песка составит 98610 руб.

УДК 669. 78.1

Процесс брикетирования мелкодисперсных и тонкодисперсных материалов

Студент гр.104325 Залесский П. А.
Научный руководитель – Невар Н.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Брикетирование - процесс получения кусков (брикетов) с добавкой и без добавки связующих веществ с последующим прессованием смеси в брикеты нужного размера и формы. Целью структурообразования мелких материалов является не только получение определенного размера кусков, но и создание в искусственных структурах комплекса заданных физико-химических свойств. В связи с этим существует закономерная причинно-следственная связь технологических параметров процессов структурообразования с качественными характеристиками подготовленных материалов.

Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующими веществами – наиболее универсальный способ вовлечения в переработку ценных топливных, рудных и минеральных сырьевых компонентов, а также ряда техногенных отходов, которые по своему агрегатному физическому состоянию непригодны для непосредственного использования в технологических процессах и аппаратах. Отличительной особенностью процесса брикетирования является возможность изготовления брикетов из шихтовых смесей, эффективных для основных типов агрегатов металлургического передела.

К первому классу относятся самовосстанавливающиеся брикеты, то есть компоненты брикета состоят из оксидов железа и углерода, идущего на восстановление и науглераживание восстановленного железа. В условиях восстановительной и окислительной атмосферы это соотношение различно. Вторичным фактором регулирования соотношения углерод/оксиды железа является открытая пористость брикета, которая в одном случае привлекает восстановительный газ в печи для процессов, идущих в теле брикета, в другом, не дает доступа кислорода для дополнительного окисления углерода. Основным принципом работы брикетов данного класса является прямое восстановление оксидов железа углеродом за счет многочисленных и сильно развитых контактов этих составляющих внутри брикетов.

В этом случае большую роль играет фракционный состав компонентов, который должен быть достаточно мелким, то есть для кокса фракция - менее 3 мм, для оксидов - менее 5 мм. Данный тип брикетов в сталеплавильном переделе заменяет чугун или стальной лом и играет роль карбюризатора, в доменном – экономит кокс. Очень важно, чтобы содержание железа в брикете не было меньше композиционной шихты металлургического передела. Например, содержание железа в суммарной шихте доменных печей, работающих на передельном чугуне, составляет, в среднем, 44-45%. Применение железо-углеродо-содержащих брикетов с таким содержанием железа и выше не только экономит кокс, но и повышает производительность агрегата. Применение шламов, колошниковой пыли, пылей с электрофильтров, с этой точки зрения, ограничивается в составе брикетов.

Окисление углерода представляет собой сложную многостадийную гетерогенную реакцию, заканчивающуюся образованием газовой фазы в виде смеси оксидов СО и СО₂ с высокой энергетикой. Отсюда следует, что важнейшим показателем оксидо-железо-углеродосодержащих брикетов являются скорость окисления углерода и, следовательно, скорость восстановления оксидов железа, что особенно актуально для сталеплавильного передела.

Этот показатель определяется фракционным составом компонентов брикета. За счет развития твердофазных реакций восстановления железа углеродом в теле брикета при нагреве до 1150-1170 °С оксиды

железа восстанавливаются полностью, причем максимум скорости окисления углерода, равный 0,5% С/мин находится в интервале температур 1000-1050 °С, при этом начало твердофазного взаимодействия происходит при температуре 800 °С. При избытке оксидов в брикете, что важно при сталеплавильном переделе, окисление примесей расплава происходит за счет кислорода оксидов, при постоянном барботировании ванны жидкого металла выделяющимися СО и СО₂.

Ко второму классу относятся металлургические брикеты, в которые не добавляются углеродистые составляющие, то есть их основой является восстановленное железо, оксиды железа и флюсующее вяжущее. Технологическая задача этих брикетов состоит в создании фракционной шихты с высоким содержанием железа из мелкофракционных и тонкодисперсных материалов, к которым можно отнести отсев чугуновой дробы, чугуновую стружку, металлоотсевы, дробленую стальную стружку, окалину и т.п. В данном случае экономический эффект достигается за счет улучшения газодинамики процесса, повышения содержания железа в шихте, уменьшения потерь шихты. Данный тип брикетов наиболее приемлем для шахтных печей.

К третьему классу относятся специальные брикеты и совмещенные с первым и вторым классами. Например, брикеты на основе прокатной окалины, имеющие высокое содержание железа общего, закиси железа (до 60%), применяются как промывочный железосодержащий материал металлоприемников доменных печей, брикеты на основе титаносодержащих компонентов (в т.ч. металлоотсев феррованадиевого производства) наоборот – для наращивания гарнисажа.

Добавка мелкофракционных компонентов с высоким содержанием марганца предназначена для выплавки марганцовистых литейных марок чугуна. Это в равной степени относится и к остальным легирующим компонентам, необходимым при производстве чугуна и стали. Брикеты этого класса, с добавлением углеродистой составляющей, частично объединяют преимущества первого и второго классов, то есть экономят кокс, улучшают газодинамику, увеличивают содержание железа, вносят легирующие компоненты. В данном случае требования к фракционности углеродистой составляющей снижаются и допускается в отдельных случаях применение отсева кокса с доменных печей без предварительного помола.

Выводы

К несомненным преимуществам брикета можно отнести следующее:

- брикеты имеют правильную одинаковую заданную форму и фиксированный вес, в заданном объеме содержат больше металла, обладают более высокой прочностью и лучшей транспортабельностью;
- обладают более высоким удельным весом;
- экологическая безопасность брикетов (безотходность, отсутствие высоких температур при изготовлении);
- возможность применения в брикете в любом соотношении углеродосодержащего наполнителя для активизации процессов в металлургической печи (карбюризатор, восстановитель, энергоноситель);
- весь кислород в брикете остается активным;
- возможность использования в брикете всех видов тонкодисперсных железо-флюсо-легирующе-углеродосодержащих материалов.

Влияние термодеструкции фурановых смесей на эффективность механической регенерации формовочного песка

Студент гр. 1033016 Гуминский Ю.Ю.

Научный руководитель – Кирилов И.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью данной работы является усиление внимания регенерации формовочных и стержневых смесей с позиции температурных превращений в регенерируемом материале.

В современном литейном производстве повсеместно применяются синтетические органические литейные связующие материалы, как для изготовления форм, так и для производства стержней. После использования таких форм и стержней, отработанные материалы вывозятся в отвал, при этом происходит потеря значительного количества огнеупорного наполнителя, что отражается на рентабельности производства. Для повышения рентабельности зачастую применяются различные способы регенерации формовочных и стержневых песков.

Для смесей холодного отверждения на основе фурановых связующих смол наиболее распространен способ сухой механической регенерации, который может быть представлен ударным, оттирочным или смешанным типом. Однако усилие, а следовательно и энергетические затраты, которые необходимо приложить для регенерации огнеупорного наполнителя во многом зависят от температуры прогрева всей массы регенерируемого материала. При больших температурных градиентах по сечению формы может наблюдаться значительный перепад температур. Для слоев формы близких к отливке, температура может достигать 600 °С и

более, в то время как большая часть смеси прогревается до относительно небольших температур (от 0 до 200 °С). Соответствующие таким температурным перепадам превращения связующего материала могут в значительной степени повлиять на их адгезионно-когезионные свойства, что в свою очередь отразится на механической регенерации. При воздействии температур порядка 200 °С происходит завершение процессов поликонденсации фурановых связующих материалов и их прочностные характеристики приобретают максимальные значения. С другой стороны, при высокотемпературном воздействии фурановые связующие проходят термические превращения, приводящие к образованию новых газообразных и твёрдых продуктов термодеструкции и карбонизации.

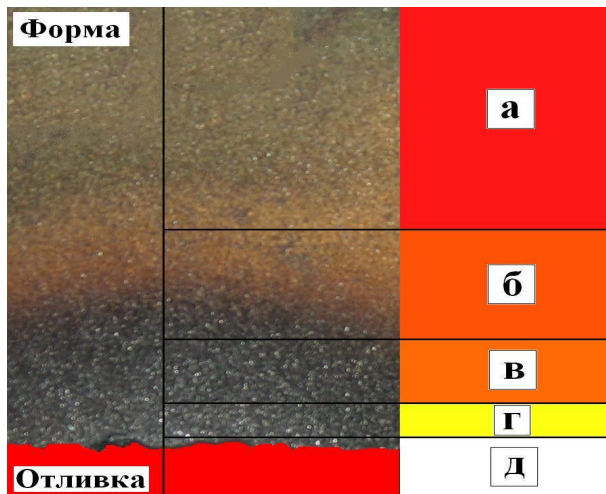


Рисунок 1 – Распределение температур прогрева смеси по сечению формы

Основные температурные интервалы (рис. 1), соответствующие значительному изменению прочности связующего материала следующие:

0–200 °С (а) – в этом интервале температур смесь изменяет свою прочность в сторону увеличения, причём в значительной степени. Так, для фурановой смеси отверждаемой в течение трёх часов при температуре 20 °С прочность находится на уровне 0,7-0,9 МПа, то для этой же смеси, но прогретой до 200 °С в течение 10 минут прочность может быть 2,6 МПа и более. Т.е. очевидно увеличение прочности образцов более чем в 2 раза за короткий промежуток времени.

200–400 °С (б) – интервал температур прогрева смеси, в котором наблюдаются первые признаки термодеструкции связующего материала, формирующего прочностные связи между частицами наполнителя. Смесь на органическом связующем на данном интервале температур постепенно теряет свою прочность и при выдержке 10 минут термодеструктируется до прочности 0,1-0,2 МПа.

400–600 °С (в) – в этом интервале температур прочность адгезионно-когезионных связей продолжает уменьшаться вплоть до полного исчезновения. Смесь становится сыпучей, как формовочный песок.

Для первых трёх интервалов температур, несмотря на возможное отсутствие адгезионно-когезионных «мостиков», скрепляющих частицы наполнителя, на поверхности наполнителя остаются частицы связующего в виде коксового остатка. Особенно хорошо заметен коксовый остаток в интервале температур от 200°С до 600°С, когда зёрна наполнителя приобретают характерный угольно-черный цвет с небольшим металлическим отблеском.

- 600–800 °С (г)- в этом интервале температур заканчивается стадия термодеструкции связующего вещества полным его распадом, в том числе выгоранием коксового остатка на поверхности наполнителя. Зёрна огнеупорного наполнителя при этом остаются чистыми, без признаков органического связующего материала.

- 800 °С и более (д). Температуры прогрева смеси, характерные для этого интервала, являются очень высокими и соответствуют температурам заливки таких наиболее распространённых металлов, как чугун и сталь. До таких температур на практике прогревается незначительная доля формы или стержня.

Во всех проведенных исследованиях материал измельчался незначительно и гранулометрический состав песка не изменялся. Наблюдалось небольшое увеличение мелкодисперсной фракции (отхода процесса регенерации) для температурных интервалов выше 600 °С в связи с температурными фазовыми переходами в зернах огнеупорного наполнителя. Значения п.п.п. для более высоких температурных интервалов имели низкие значения, однако не больше 60 % от п.п.п. в материале до регенерации. Расхождения в значениях

прочности смесей на основе регенерата имеют небольшие значения и попадают в ошибку экспериментальных исследований.

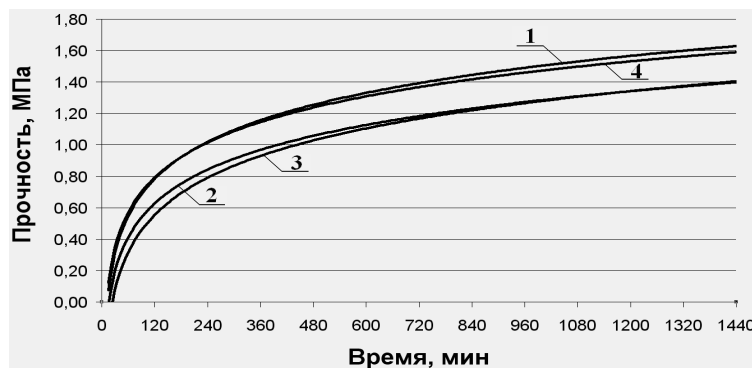


Рисунок 2 – Динамика роста прочности смесей, приготовленных на основе свежего формовочного песка и регенерата: 1 – 100 % формовочный песок 2K₁O₂O₂₅; 2 – 50 % регенерата, температура прогрева 0-200°C; 3 – 50% регенерата, температура прогрева 200-400 °C; 4 – 50 % регенерата, температура прогрева 400-600°C.

Значения п.п.п. для более высоких температурных интервалов имели низкие значения: не больше 60% от п.п.п. в материале до регенерации. Температура прогрева фурановой смеси также не вносила существенных изменений в прочность смесей, приготовленных на основе регенерата (рисунок 2). Состав смесей, приготовленных на основе регенерированных материалов, оставался постоянным и соответствовал составу исходных смесей до регенерации за исключением того, что 100 %-ое количество огнеупорного наполнителя замещалось регенерированным материалом.

На основе полученных данных, можно говорить о незначительном влиянии температуры прогрева формы или стержня, изготовленного на основе фуранового связующего на процесс механической регенерации. Это в свою очередь подтверждает отсутствие необходимости в предварительном разделении смеси по температурам прогрева, однако обнаруживает возможность применения корректирующих коэффициентов при расчете регенерационных установок, учитывающих влияние вида заливаемого расплава и габаритных размеров формы или стержня.

УДК 621.74

Предложение по внедрению отдельной выбивки формовочных и стержневых смесей в литейном цехе № 2 МТЗ

Студент гр. 104325 Крупеньков Г.Ф., гр. 104316 Гуминский Ю.Ю.
Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

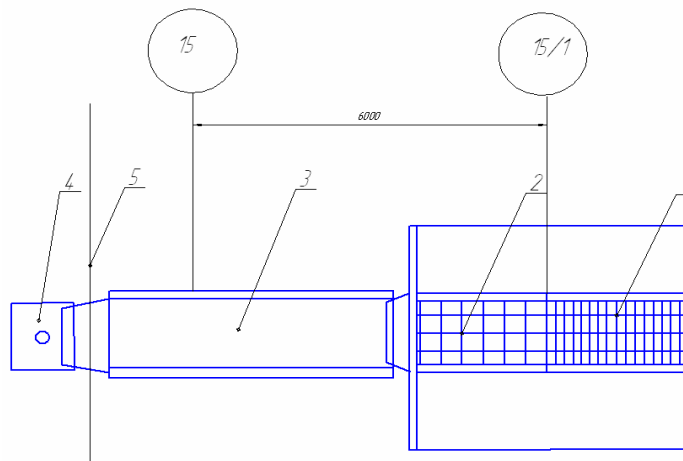
На автоматических формовочных линиях фирмы HWS установленных на формовочном участке литейного цеха № 2 МТЗ выбивка форм производится методом выдавливания кома формовочной смеси вместе с отливкой и стержнями на выбивную вибрационную решетку. Выбитая смесь проходит через решетку, накапливается в промежуточном бункере и далее ленточным конвейером подаются в бункер-накопитель. Из бункера-накопителя смесь ленточным конвейером подается через магнитный сепаратор на элеватор и далее в щековую дробилку и сито. Просеянная смесь ленточным конвейером подается в расходные бункера на участке смесеприготовления.

При такой системе выбивки выбитая из отливки стержневая смесь смешивается с формовочной и засоряет ее. Это отрицательно сказывается на технологических свойствах оборотной формовочной смеси и приводит к ее избытку. Количество вывозимой в отвал смеси достигает 100 т в сутки. В литейном цехе №2 регенерация формовочного песка не предусмотрена. Для внедрения регенерации песка в литейном цехе №2 прежде всего необходимо решить проблему отдельной выбивки форм и стержней. Так как, регенерацию песка осуществляют из отработанных стержневых смесей, что является экономически целесообразным.

Для решения проблемы отдельной выбивки предлагаем:

- 1) ком формовочной смеси вместе с отливкой и стержнями выдавливать на транспортирующий вибростол с отверстиями
- 2) выбивку стержней из отливок производить на выбивной вибрационной решетке.

Пример планировки участка выбивки АФЛ-2 представлен на рисунке. Ком со смесью выдавливается на транспортирующий вибростол 1 и перемещается по нему на выбивную решетку 2. При этом формовочная смесь просеивается через отверстия в вибростоле в бункер, а затем подается на переработку и смесеприготовление. Отливки со стержнями, поступившие на выбивную решетку, подвергаются сильной вибрации, отделяются от стержней и перемещаются виброконвейером 3 к оператору, который подвешивает их на подвесной конвейер 5. Выбитая на решетке 2 стержневая смесь просыпается в бункер, из которого может быть направлена на установку регенерации песка.



Планировка участка выбивки на АФЛ-2: 1 – вибростол, 2- выбивная решетка, 3- виброконвейер, 4- операторская, 5- конвейер подвесной

Внедрение отдельной выбивки позволит уменьшить засорение обратной формовочной смеси стержневой смесью, даст возможность направить стержневую смесь на регенерацию и тем самым позволит уменьшить расходы на свежий формовочный песок и захоронение отходов.

УДК 621.74

Анализ технологического процесса литья в облицованный кокиль

Студент гр.104315 Глушаков Д.Э., студентка гр.304314 Левковская И.И.
 Научный руководитель – Крутилин А.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является анализ существующей технологии литья заготовок гильз цилиндров в облицованный кокиль.

Технический прогресс в области двигателестроения, направленный на увеличение удельной мощности, долговечности и экономичности современных двигателей, неизбежно связан с ростом давлений, механической и тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы, к числу которых относятся гильзы цилиндров. Условия эксплуатации гильз цилиндров предъявляют высокие требования к качеству деталей, стабильности геометрических размеров, физико-механическим и эксплуатационным свойствам литых заготовок.

Для изготовления отливок гильз цилиндров наибольшее распространение получили способы литья в сырые песчаные формы и центробежный способ литья. Характерной особенностью данных способов литья является повышенная дефектность отливок, сложность обеспечения необходимой структуры на рабочей поверхности гильз.

В производстве заготовок гильз цилиндров традиционными способами литья острыми остаются вопросы рационального использования металла, повышения эксплуатационных характеристик деталей, улучшения качества литья. Высокое качество гильз цилиндров ведущих фирм запада обусловлено не специфическими особенностями технологического процесса, а хорошей организацией производства, четким наблюдением технологических параметров процесса, тщательным контролем шихтовых и формовочных материалов, высокой степенью механизации и автоматизации технологического процесса.

Ввиду постоянного повышения требований к качеству отливок, экономии материальных, топливных и энергетических ресурсов существует необходимость в разработке и совершенствовании технологических процессов изготовления гильз цилиндров на качественно более высоком уровне при существенном улучшении условий труда. Необходима хорошо продуманная технология, при которой используются способы управления тепловыми процессами, которые позволяют существенно увеличить выход годного.

Совершенствование и разработка комплексной ресурсосберегающей технологии литья затрагивает все стадии изготовления, начиная от теоретического анализа процесса формирования заготовок в характерных для способа условиях, до чисто практических вопросов, связанных с использованием процесса в производстве. Экспериментальные исследования в силу сложности происходящих в процессе затвердевания процессов не позволяют определить количественные взаимосвязи между технологическими параметрами процесса. В связи с этим несомненный интерес представляет компьютерное моделирование процесса, позволяющее определить влияние одного или нескольких параметров на формирование отливки.

Практический опыт получения отливок свидетельствует об исключительно важной роли тепловых условий формирования отливки, происходящих в облицованных кокилях на стадии разлива и затвердевания и охлаждения отливки. Выбор оптимальных технологических параметров процесса, а также определение факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на процесс формирования и качество получаемых заготовок, необходимо проводить на начальной стадии освоения технологии.

Современное развитие компьютерной техники позволяет на более высоком уровне определить влияние значительно большего количества технологических параметров на качество получаемых заготовок, с учетом геометрических размеров отливки и формы.

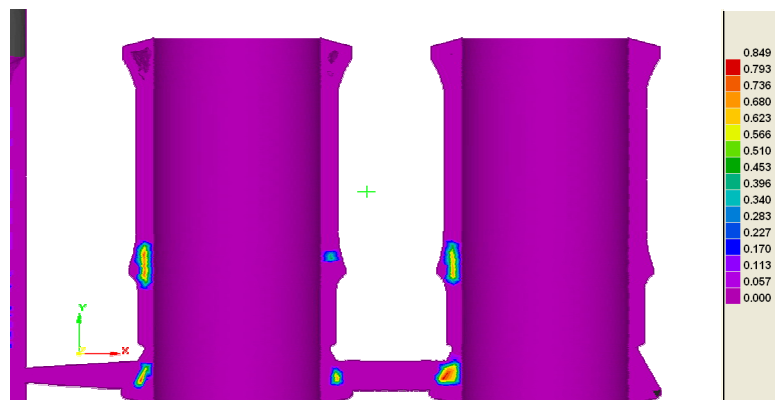
В качестве объекта исследований была выбрана отливка гильзы ГАЗ-66 ($d_n=121\text{ мм}$, $d_{вн}=85\text{ мм}$, $h=162,5\text{ мм}$), производимая на Лидском литейно-механическом заводе способом литья в облицованный кокиль. Математическое моделирование осуществляли в системе ProCast. На первом этапе изучали влияние толщины облицовки на процесс формирования заготовки. Теоретический анализ проводили при граничных условиях третьего рода. В зависимости от начальных условий коэффициент теплопередачи принимали от 500 до 1000 Вт/м²·°С.

Анализ численных исследований показывает, что при уменьшении толщины облицовки с 7 до 3 мм (температура облицовки $T_o=150^\circ\text{C}$, температура кокиля $T_k=200^\circ\text{C}$, температура заливаемого металла $T_m=1320^\circ\text{C}$), скорость затвердевания заготовки возрастает с 0,1 до 0,13 мм/с. Время полного затвердевания заготовки, при толщине облицованного слоя 3, 5 и 7 мм составляет 78, 96 и 99с, соответственно.

Как показали дальнейшие расчеты, толщина облицовки оказывает наибольшее влияние на скорость затвердевания заготовки, влияние температуры облицовки и температуры заливаемого металла носит второстепенный характер. Так, например, при увеличении температуры облицовки T_k от 150°C до 200°C ($T_m=1320^\circ\text{C}$) скорость затвердевания падает с 0,13 до 0,075 мм/с ($\delta=3\text{ мм}$), для толщины облицовки $\delta=7\text{ мм}$ с 0,1 до 0,05 мм/с, соответственно. При увеличении температуры заливаемого металла с 1320 до 1400°C ($T_o=150^\circ\text{C}$, $T_k=200^\circ\text{C}$) для толщины облицовки $\delta=3\text{ мм}$ скорость затвердевания падает с 0,13 до 0,08 мм/с, при $\delta=7\text{ мм}$ с 0,1 до 0,05 мм/с. В процентном отношении влияние толщины облицовки на скорость затвердевания в исследованных диапазонах изменения технологических параметров составляет 77%, влияние температуры заливаемого металла и температуры облицовки 50-60%.

Наибольший интерес представляют данные теоретического анализа о возможности образования пористости в различных точках отливки в зависимости от технологических параметров литья. На основании теоретического анализа процесса кристаллизации чугуна установлены места возможного образования в отливках дефектов усадочного происхождения в зависимости от скорости затвердевания.

На рисунке представлены места возможного образования пористости при литье в облицованный кокиль.



Вероятность образования пористости при литье в облицованный кокиль.

Вероятность возрастания пористости в исследованном диапазоне изменения технологических параметров, падает с увеличением скорости затвердевания и возрастает с увеличением температуры заливки и температуры облицовки. Получено удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных по образованию пористости в отливках.

Представленный анализ состояния вопроса охватывает только некоторые аспекты технологического процесса изготовления заготовок гильз цилиндров в облицованный кокиль и позволяет установить правильность конструктивных и технологических параметров без необходимости изготовления литейной оснастки и контроля опытных партий отливок. В связи с постоянным совершенствованием существующей технологии, разработкой принципиально новых способов изготовления заготовок гильз цилиндров расчет оптимальных технологических параметров с помощью специализированных программ моделирования литейных процессов позволяет получить значительную экономию времени и материальных ресурсов на стадии проектирования и начальной проработки технологических решений.

УДК 621.74:669.13

Перспективные направления совершенствования технологии изготовления мелющих тел

Студент гр.104315 Каленкович Д.Н., студент гр. 104316 Чубрик Е.С.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск.

Целью настоящей работы является анализ существующих проблем в производстве мелющих тел и выбор перспективных направлений совершенствования технологических процессов их изготовления.

Перспективы экономического развития Республики Беларусь в ближайшие десятилетия неразрывно связаны с развитием строительной индустрии и в первую очередь строительных материалов. В цементной промышленности, прежде чем попасть в сферу использования, материалы измельчают в дробилках, трубных многокамерных шаровых мельницах и т.д. Для измельчения используют мелющие шары и цилиндромы - цилиндры диаметром 16 - 30 мм, длиной 30 - 40 мм, торцы которых имеют эллипсоидную форму.

На производительность оборудования большое влияние оказывает качество мелющих тел. Износ мелющих тел происходит в результате истирания при скольжении мелющих тел в абразивной среде и вследствие соударения тел между собой и броньфутеровкой в присутствии абразивного измельчаемого материала.

В механизме абразивного и ударно-абразивного изнашивания много общего. Износостойкость материалов определяется не только структурой в исходном состоянии, но и ее трансформацией в процессе изнашивания. Поверхностные слои металла претерпевают изменения, следствием которых является образование вторичных структур обладающих аномалией физических, химических и механических свойств.

Закономерности изнашивания железоуглеродистых сплавов определяются их гетерогенным строением, сочетанием разнородных фаз и структурных составляющих, резко отличающихся по способности к пластической деформации и характеру разрушения. Для успешной эксплуатации деталей, работающих в условиях трения и износа необходимо обеспечить первичную структуру мало или почти не изменяющуюся в процессе работы, либо обеспечить дополнительное упрочнение поверхностных слоев за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменений в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур, обеспечивающих сопротивление изнашиванию.

Для большинства случаев абразивного износа максимальной износостойкостью обладают сплавы со структурой мартенсита и небольшим количеством (до 5 %) остаточного аустенита. Высокая износостойкость аустенита обеспечивается протеканием фазового (превращения в поверхностном слое металла с одновременным образованием микрообъемов с высокой плотностью дислокаций).

В настоящее время в Беларуси для измельчения различных материалов используют мелющие шары диаметром от 40 до 120 мм, изготовленные из углеродистых сталей поперечно-винтовой прокаткой на шаропрокатных станах. Для их изготовления используют отсортированные заготовки, которые использовать для других целей не представляется возможным. Основной недостаток катаных шаров - низкая объемная твердость. Высокая твердость в поверхностном слое толщиной 5 - 7 мм сменяется резким снижением по направлению к центру, что обусловлено недостаточной прокаливаемостью сталей. Имеет место существенный разброс твердости по поверхности отдельных шаров, вследствие «пятнистости» закалки. Повышение суммарной легированности стали, позволяет поднять не только поверхностную твердость, но и твердость по сечению шаров диаметром 60 - 80 мм. Высокие закалочные напряжения ведут к раскалыванию шаров в процессе эксплуатации. Для снятия напряжений необходим отпуск при температурах 450 - 480 °С. Усадочные раковины, дефекты ликвационного характера и флокены, ведут к образованию рыхлоты при поперечно-винтовой прокатке.

Одним из наиболее эффективных способов снижения расхода мелющих тел является замена стальных шаров на мелющие тела из высоколегированных чугунов. В промышленно развитых странах мира доля производства мелющих тел из высоколегированных чугунов, износостойкость которых в 4 - 5 раз выше стальных, достигает 35 % всего объема и продолжает быстро увеличиваться. Современные марки белых износостойких чугунов представляют собой сложнелегированные многокомпонентные сплавы с большим разнообразием структур и широким диапазоном физико-механических свойств. Применение высоколегированных чугунов для отливки шаров с последующей термической обработкой, обеспечивает получение по всему сечению мелющего тела мартенсито - карбидную структуру, с твердостью HRCэ 55,0, с высокой ударостойкостью, низким удельным расходом (45 - 50 г/т) мелющих тел в процессе эксплуатации.

В современных условиях развития РБ, характеризующихся ограниченными материальными и энергетическими ресурсами, важной народнохозяйственной задачей является разработка и внедрение современных энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования для изготовления мелющих тел, повышения их надежности и долговечности.

В настоящее время наметилась тенденция использования многокомпонентных экономно легированных в различных сочетаниях (Cr, Ni, Mo, Ti, V, B и т.д.) чугунов. Каждый компонент наряду со своим назначением выполняет и общую задачу повышения уровня эксплуатационных свойств, при этом его индивидуальные свойства могут быть усилены коллективным воздействием. Главная задача сводится к тому, чтобы получить однородную и однотипную по свойствам микроструктуру во всех частях отливки из легированных чугунов, процессы структурообразования в которых отличаются повышенной чувствительностью к кинетическим факторам.

На основании анализа научно-исследовательской и патентной литературы можно сформулировать основные положения наиболее оптимальной схемы технологического процесса изготовления мелющих шаров:

- после введения модификаторов необходимо обеспечить ускоренное охлаждение расплава до минимально возможной температуры, для того чтобы уменьшить возможное увеличение размеров карбидов;
- для получения необходимой структуры, заготовки из износостойких белых чугунов, подвергают длительной термической обработке, вполне обоснованным и рациональным решением является совмещение процесса литья с термической обработкой. Время выдержки при температуре аустенизации выбирается в зависимости от исходной структуры и должно обеспечивать получение однородной аустенитной микроструктуры металлической матрицы, выравнивания температуры по сечению отливки, насыщения до требуемой величины аустенита углеродом и обеспечения выделения вторичных карбидов с размерами ~1 мкм;
- охлаждение с высокой скоростью до температуры мартенситного превращения, для того чтобы исключить образование промежуточных структур. Низкотемпературная термическая обработка для снятия внутренних напряжений.

В связи с дефицитом легирующих элементов в Беларуси, необходимо использовать отходы смежных отраслей промышленности в виде оксидосодержащих материалов, стружки, окалины и других материалов, содержащих дорогие легирующие элементы. Безусловно, необходимо вести работы по отработке технологии плавки с использованием отходов с целью их стабильного восстановления и усвоения. Использование вместо традиционных ферросплавов дешевых отходов производств, с экономической точки зрения позволит существенно повысить конкурентоспособность отечественной продукции.

Большие перспективы открываются перед технологами при использовании методов обработки расплава с помощью введения дисперсных порошков тугоплавких соединений карбидов, оксидов, нитридов и т.д. В результате введения наноразмерных материалов, происходит ускорение и развитие объемного затвердевания, что позволяет уменьшить или полностью устранить транскристаллизацию при затвердевании. Благодаря наличию в расплаве большого количества дисперсных частиц, играющих роль зародышей кристаллизации при охлаждении отливки, происходит образование мелкозернистой структуры металла и, как следствие, существенное повышение комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств материалов.

УДК 669.14.018.252

Особенности технологии получения литых штампов

Студент гр. 104315 Сермяжко М.И.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время при получении литого штампового инструмента используется литье песчаные и керамические формы, литье по выплавляемым моделям, электрошлаковое кокильное литье.

Выбор того или иного технологического процесса изготовления отливок штампов определяется главным образом стремлением к получению заготовок с минимальными припусками под последующую механическую обработку, габаритными размерами инструмента и экономичностью процесса получения форм.

Так, при применении для формирования фигуры штампа стержней из песчано-глинистых смесей ввиду образования большого пригара на отливках требовались большие припуски на механическую обработку и поэтому этот метод не получил распространения.

Более прогрессивным для технологического процесса получения отливок штампов является использование при литье в песчаные формы облицовочного формовочного слоя, состоящего из 90-92 % электрокорунда или плавленого кварца и 8-10% жидкого стекла. В качестве наполнительного состава в этом случае можно применять смесь, состоящую из 95% кварцевого песка и 5% жидкого стекла. Такая технология изготовления форм позволяет улучшить качество литой поверхности фигуры штампа.

С помощью литья по выплавляемым моделям получают отливки, максимально приближенные по форме и размерам к готовой детали, а в ряде случаев не нуждающиеся в обработке резанием. В результате значительно снижается трудоемкость, и стоимость изготовления изделий сокращаются расход металла и инструмента, потребность в производственных площадях, станочном оборудовании и приспособлениях, уменьшаются энергоемкость производства, а также потребность в рабочих-станочниках высокой квалификации.

В Шоу–процессе, как и в процессе изготовления форм по выплавляемым моделям, используют этилсиликатную суспензию. Однако Шоу-процесс имеет ряд отличительных особенностей: а) применены съемные формы, изготавливаемые по деревянным или металлическим моделям; б) вводятся в суспензию добавки гелеобразователя, резко ускоряющие процесс твердения; в) формы газопроницаемы и с повышенной термостойкостью вследствие наличия сетки трещин, образующихся при выгорании спирта после отверждения суспензии.

Процесс получения заготовок способом электрошлакового кокильного литья состоит из двух основных стадий: 1) расплавления и накопления металла в электрошлаковой тигельной печи; 2) заливки металла в литейные формы, формирования отливок и их кристаллизации.

В процессе электрошлаковой тигельной плавки плавление металла происходит в результате выделения теплоты в жидком электропроводном шлаке при прохождении через него электрического тока. В качестве исходного сырья используют расходуемые электроды цельные или собранные из кусков штанг, а также в кусковую шихту или стружку. В последнем случае подогрев шлака осуществляют нерасходуемыми электродами.

Расплавленный металл, проходя через слой жидкого шлака, температура которого обычно на 150-200 °С выше температуры плавления металла, интенсивно рафинируется от вредных примесей и неметаллических включений. Жидкий металл собирается на дне плавильного тигля, футерованного огнеупорными материалами, способными в течение достаточно длительного времени работать в контакте со шлаком при температурах, характерных для электрошлакового процесса (до 2000 °С). Возможна также работа электрошлаковой тигельной печи по схеме с жидкой завалкой, когда жидкий металл, приготовленный в отдельном агрегате (например, в дуговой или индукционной печи), заливают в тигель, где уже наведена соответствующая шлаковая ванна.

При электрошлаковом кокильном литье накопленный в электрошлаковой тигельной печи жидкий металл заливают в литейную форму, как правило, вместе со шлаком. Кристаллизуясь на внутренней поверхности холодной относительно расплава формы (обычно стальной или чугуновой), шлак образует шлаковый гарнисаж (2-4мм), который обеспечивает хорошее качество поверхности отливок, получаемых электрошлаковым кокильным литьем, предохраняет их от приваривания к форме.

После шлака, а частично и вместе с ним, в литейную форму поступает жидкий металл, который оттесняет шлак от гарнисажа вверх и образует отливку. Шлак покрывает свободную поверхность жидкого металла и предотвращает образование закрытой усадочной раковины.

Высокое качество поверхности и требуемые механические свойства отливок позволяют изготавливать этим способом литья заготовки (взамен поковок) с небольшими (3-5 мм) припусками и широко использовать новые технологии при производстве заготовок самых разнообразных деталей ответственного назначения.

В данном случае заготовки служат, как правило, для собственных, внутривзаводских нужд предприятия – изготовителя отливок, а в качестве исходного сырья используют изношенный или отбракованный инструмент и детали (оснастку). По традиционной производственной схеме они идут в скрап и переплавляются вместе с ломом черных металлов в открытых сталеплавильных печах. При этом дорогая легированная инструментальная или конструкционная сталь (5ХНМ) практически обесценивается, так как при переплаве она смешивается со сталью других марок, многие легирующие элементы выгорают, и металл приходится легировать заново. При переплаве в электрошлаковой тигельной печи химический состав переплавляемого материала практически не изменяется. После заливки металла в кокиль получают заготовку, которую после

некоторой обработки резанием используют по назначению. После выхода инструмента или деталей из строя цикл повторяется.

Внедрение описанного замкнутого цикла изготовления инструмента и деталей, оснастки из собственных отходов обеспечивает существенное повышение маневренности инструментального производства и ремонтных служб, исключает зависимость их от поставок металла со стороны, снижает транспортные расходы и пр. В этом случае себестоимость инструмента существенно (в 1,5 – 2 раза) ниже, чем кованных, при эквивалентной или даже более высокой в случае электрошлакового кокильного литья стойкости.

УДК 669.14.018.252

Технология изготовления литого инструмента из высокоуглеродистой быстрорежущей стали

Студент гр. 104325 Ковалев А.А., студент гр. 104324 Сергиеня В.Н.
 Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Опыт применения литейных технологий при изготовлении литых заготовок из быстрорежущих сталей позволяет с уверенностью выделить ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами использования проката и поковок:

- возможность использования собственных отходов инструментального производства (стружка, вышедший из строя инструмент, немерные заготовки проката, металлоабразивный шлам);
- экономия металла за счет максимального уменьшения припусков под механическую обработку при использовании точных методов литья (до 90 %);
- повышение стойкости инструмента путем оптимизации химического состава, технологических факторов изготовления на всех этапах от плавки металла до заливки и термической обработки заготовок с максимальным учетом конкретных условий эксплуатации.

По существу применяемые в настоящее время в мировой практике быстрорежущие стали стандартного состава являются универсальными по комплексу свойств и назначению, поскольку применяются для изготовления инструмента различного назначения (сверла, метчики, зенкеры, фрезы, развертки и др.), испытывающего при эксплуатации, различающиеся по абсолютной величине силовые, тепловые, изнашивающие и др. воздействия. При изготовлении инструмента литьем имеется уникальная возможность, используя в качестве шихтовых материалов отходы стандартных марок сталей, скорректировать в процессе плавки металла его состав, оптимизировать условия кристаллизации. Оптимизация состава и технологических факторов получения литых заготовок позволяет увеличить свойства, имеющие первостепенное значение с точки зрения эксплуатационной стойкости конкретного инструмента и условий его работы (тип инструмента, обрабатываемый материал, режимы резания и др.).

В ряде случаев необходимость в обработке давлением при изготовлении стандартных быстрорежущих сталей ограничивает в их составе наличие таких элементов, как бор, углерод и др., существенно повышающих их твердость, теплостойкость, износостойкость и в результате эксплуатационную стойкость.

В данной работе проведено исследование влияния повышенного содержания углерода на структуру и свойства литой быстрорежущей стали Р6М5.

Свойства исследуемых сплавов, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что увеличение содержания углерода способствует значительному возрастанию твердости, теплостойкости и износостойкости, но снижению ударной вязкости (таблица).

Влияние содержания углерода на основные свойства литой быстрорежущей стали

Сталь	Твердость, HRC	Теплостойкость, 620 °С, 4 ч., HRC	Ударная вязкость, КС, кДж/м ²	Износ, ΔМ 10 ⁻¹ , кг/ч
Р6М5	63,0	58,5	90	780
Р6М5 + 1,2 % С	69,0	64,0	20-30	450
Р6М5 + 1,2 % С + модификатор	HRC 70	66,0	100-120	420

Изменение свойств вызвано увеличением количества карбидной составляющей в структуре. Причем зафиксировано увеличение, как первичных изолированных карбидов, так и сетки ледебуритной эвтектики, вызывающей охрупчивание стали.

Для устранения эффекта охрупчивания в результате повышенного содержания углерода предпринята попытка повышения ударной вязкости за счет модифицирования.

Металлографический анализ образцов исследуемых сталей показывает, что в результате модифицирующего эффекта происходит сильное измельчение первичного зерна. Существенные изменения наблюдаются и в эвтектике. Она приобретает более тонкое, мелкодисперсное строение, местами разорвана и расположена в виде изолированных колоний. Действие модификатора объясняется его расположением на растущих кристаллах и твердого раствора и карбидной составляющей структуры. В результате таких изменений в структуре под воздействием модификатора ударная вязкость исследуемой стали существенно повышается. Примечательным является тот факт, что модификатор повышает также теплостойкость и износостойкость литой стали с повышенным содержанием углерода. Это связано, по-видимому, с повышением растворимости углерода и легирующих элементов в твердом растворе и, как следствие, усилением эффекта дисперсионного твердения.

Высокие показатели твердости, теплостойкости и износостойкости в сочетании с весьма удовлетворительной ударной вязкостью литой быстрорежущей стали с повышенным содержанием углерода позволяют использовать разработанную технологию для изготовления литых заготовок инструмента с минимальными допусками под механическую обработку. Такая сталь может найти эффективное применение в качестве инструментального материала, по стойкости не уступающего твердым сплавам.

УДК 669.14.018.252.

Исследование влияния модифицирования на структуру и свойства стали 5ХНМ

Студент гр. 104325 Казаков А.В., студент гр. 104319 Кобяков К.В.
 Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Для повышения ударной вязкости стали 5ХНМ в литом состоянии в технологическом цикле изготовления заготовок весьма перспективным представляется использование модифицирования.

Этот прием заключается в введении в сталь ряда элементов в небольших количествах, позволяющих существенно изменить ее первичную структуру и свойства. В качестве модификаторов при проведении исследований использовали церий, стронций, барий и кальций. Выбор модификаторов осуществлен в соответствии с современными представлениями о механизмах модифицирования и рафинирования и на основании, имеющегося на кафедре МИТЛП БНТУ опыта, по разработке составов литых быстрорежущих сталей.

Опытные образцы стали выплавляли в печи Таммана с графитовым нагревателем. В качестве шихты использовали отходы проката и кузнечного производства стали 5ХНМ. Химический состав сталей регулировали введением в расплав ферросплавов и углерода с учетом их угара. Температура расплава, которую контролировали платина-платинародиевой термопарой, при выпуске из печи составляла 1620-1650 °С, при модифицировании 1520-1550 °С. Время выдержки с начала ввода микродобавок до разливки – 1,6-2 мин. Разливку производили в графитовые кокиля, подогретые до 300-350 °С. Такие условия кристаллизации обеспечивают стабильность свойств экспериментальных сталей. После зачистки слитки подвергали изотермическому отжигу в электрической камерной печи по следующему режиму: нагрев до 860-880 °С, выдержке 3 час., охлаждение вместе с печью до 720 °С, выдержка 4 час. До 500 °С отливки охлаждали вместе с печью, затем на воздухе.

Из отливок вырезали образцы для определения ударной вязкости, теплостойкости, предела прочности и др. свойств. Нагрев образцов под закалку производили в ванне, температуру которой изменяли от 960 °С до 1120 °С с интервалом 40 мин. Время выдержки составляло 20-25 с/мм, охлаждение в масле. Отпуск производили при температуре 500-620 °С.

Химический состав и свойства исследуемых сталей приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей

№	Содержание элементов, масс. доля, %										Модификатор, %			
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Al	B	Ce	Sr	Ba	Ca
1	0,38	0,39	0,36	2,17	1,04	0,24	0,41	0,04	0,01	0,022	-	-	-	-
2	0,39	0,38	0,35	2,16	1,06	0,22	0,43	0,04	0,01	0,021	0,03	-	-	-
3	0,41	0,36	0,37	2,12	1,08	0,21	0,41	0,04	0,01	0,023	-	0,03	-	-
4	0,37	0,39	0,36	2,14	1,03	0,24	0,42	0,04	0,01	0,021	-	-	0,03	-
5	0,39	0,36	0,35	2,15	1,07	0,23	0,41	0,04	0,01	0,022	-	-	-	0,03

Таблица 2 – Влияние модифицирования на твердость и технологические свойства литой штамповой стали

№	Твердость, HRC, после					Жидко-теку-честь, λ, мм	Усад-ка, ε, %	Кол. немет. вкл., шт/мм
	литья	отжига	закалки с 1050 °С	отпуска				
				500 °С	600 °С			
1	43	22	53	47	43	300	2,2	135
2	42	22	54	48	44	350	1,7	48
3	43	21	53	47	44	345	1,8	61
4	41	23	55	49	45	335	1,9	67
5	42	22	54	48	43	340	1,8	54

Таблица 3 – Влияние модифицирования на прочность, теплостойкость и ударную вязкость литой штамповой стали

№	Теплостойкость (t^{600}), HRC	Прочность (σ^{600}), МПа	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²
1	42	124	165
2	43	128	360
3	42	124	330
4	43	125	345
5	43	126	330

В результате проведенных исследований установлено, что при модифицировании литой стали на ее твердость в различных состояниях и теплостойкость наибольшее влияние оказывают инокулирующие элементы – бор и титан. Поверхностно-активные элементы (барий, кальций, стронций, церий), не оказывая заметного влияния на твердость и теплостойкость, существенно повышают ударную вязкость стали 5ХНМ и улучшают технологические свойства: повышают жидкотекучесть и снижают усадку. Помимо модифицирующего зафиксирован и рафинирующий эффект поверхностно-активных элементов – установлено заметное уменьшение количества неметаллических включений в структуре литой стали.

УДК 669.78.4

Анализ маркетинговых исследований при проектировании литейного цеха

Студент гр. 104325 Линкевич Д.Б., студент гр. 304314 Павленко Р.И.
 Научный руководитель – Невар Н.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

При работе над разнообразными проектами, предусматривающими то ли разработку нового проекта литейного цеха или реконструкцию существующего, возникает необходимость в проведении маркетинговых исследований по подбору необходимого оборудования. В связи с этим можно выделить следующие этапы маркетингового исследования:

- выявление проблем и формулирование целей исследования;
- отбор источников информации;
- сбор информации;
- анализ собранной информации;
- представление полученных результатов.

Основной задачей маркетингового исследования на этапе модернизации литейного цеха, является правильный выбор всего ряда необходимого оборудования.

Источники информации представлены на рисунке 1.

Настоящая система проработки маркетинговых исследований в области рынков сбыта предусматривает проведение маркетинга возможных рынков сбыта литья и поковок. Поэтому для осуществления такой работы необходимо осуществить следующие мероприятия.

1. Изучение емкости рынка литых изделий и поковок.
2. Оценка возможностей конкурентов продукции заготовительного производства.

3. Исследование спроса по изготавливаемым ранее изделиям. Данное мероприятие включает детальное исследование выпускаемых литых изделий и поковок по невозвратной кооперации за период 2000 – 2008гг. оценка наличия и состояние модельной оснастки. Затем следует формирование примерного набора номенклатуры изделий пользующихся спросом. Потом подготовка спецификаций с указанием необходимой для расчета цены информации. Расчет предварительного уровня цен по исследуемой номенклатуре. Следующий шаг – реклама продукции заготовительного производства по исследуемой номенклатуре, в том

числе через сбытовую сеть предприятия, восстановление утраченных связей с покупателями литья и поковок и, наконец, подготовка литых изделий для демонстрации на выставках одновременно с продаваемой техникой.

4. Исследования спроса на «новые» изделия заготовительных цехов: реклама используемых в литейном производстве технологий, качества литья и поковок; проведение анкетирования предприятий с целью создания перечня продукции, имеющей спрос у покупателя и формирование пакета чертежей с участием потенциальных заказчиков; формирование потенциального портфеля заказов «новых» изделий; расчет предварительного уровня цен по исследуемой номенклатуре и подготовка спецификаций с указанием необходимой для расчета цены информации.



Рисунок 1. Схема отбора источников информации и сбор информации

5. Формирование стратегии продаж продукции заготовительных цехов.

6. Структурирование рынков в зависимости от выбранной стратегии продаж.

Таким образом, приведенные данные позволяют судить о возможности применения принципов маркетинга для перевооружения литейных цехов республики.

УДК 621.74

Повышение качества отливок противопригарными покрытиями на основе наноструктурированных материалов

Студент гр.104325 Михалькевич И.А.

Научный руководитель – Кукуй Д.М.

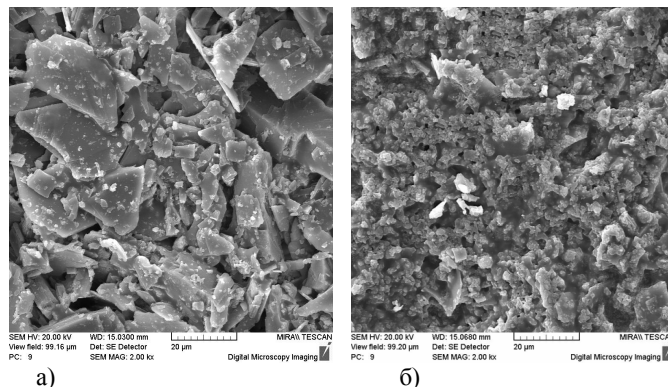
Научный консультант – Николайчик Ю.А.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Получение качественных отливок – главная задача литейщиков. Ее решение возможно прежде всего при условии получения поверхности отливок надлежащей чистоты и без литейных дефектов. Изготовление качественной отливки неразрывно связано с литейной формой. Литейная форма придает отливке необходимые очертания и размеры, а также определяет качественные показатели и в первую очередь чистоту поверхности и отсутствие дефектов. Необходимо отметить, что существует достаточно большое число приемов и методов устранения дефектов поверхности, опубликовано много монографий по этой проблеме, но большинство исследователей сходятся во мнении, что для обеспечения высокого качества поверхности отливок при любом технологическом способе их изготовления применение противопригарных покрытий самое эффективное средство.

Известно, что в готовом к применению виде покрытия литейных форм представляют собой жидкие композиции (суспензии) дисперсные гетерогенные структуры, включающие наполнитель (твердофазная основа), связующее, растворитель и функциональные компоненты, обеспечивающие получение систем с заданными технологическими свойствам.

В настоящей работе было изучено влияние наноструктурированного порошка бемита на технологические и эксплуатационные свойства противопрigarных покрытий. В результате проведенных исследований установлено, что введение в состав противопрigarных покрытий наноструктурированного бемита приводит к структурированию и созданию тиксотропной системы, что улучшает кроющую и проникающую способность, повышает седиментационную устойчивость покрытий. Как следует из морфологических особенностей структуры покрытия (рис. 1, б), применение бемита позволяет повысить проникающую способность покрытия, что препятствует фильтрации расплава в капилляры литейной формы в процессе заливки.



а – исходное покрытие на основе алюмосиликатного высокоогнеупорного наполнителя фракции 50-20 мкм, б – противопрigarное покрытие с добавками наноструктурированного бемита

Рисунок 1 – Морфология противопрigarных покрытий

Установлено, что использование бемита в составе противопрigarных покрытий позволяет повысить термостойкость противопрigarных покрытий. Эффект достигается за счет того, что в промежутках зерен основного наполнителя, образуются микропоры, которые в процессе деструкции связующего в первую очередь заполняются газовой фазой, которая участвует в процессе теплообмена между отливкой и формой, что существенным образом изменяет (уменьшает) эффективный коэффициент теплопроводности противопрigarного покрытия.

УДК 693.22.004.18

Влияние мелкодисперсного карбида бора на структуру и свойства железобористого сплава

Студент гр. 104325 Лысюк А.Ю.
 Научный руководитель – Невар Н.Ф.
 Белорусский государственный университет
 г. Минск

Практически во всех отраслях промышленного производства существует насущная потребность в материалах, как литых, так и полученных в результате прокатки, с высокими триботехническими характеристиками. Изделия из таких материалов эксплуатируются в абразивной и гидроабразивной среде, сопряженной с кавитационными и кислотными воздействиями.

На износостойкость различного рода сплавов при воздействии абразивных сред оказывает преобладающее воздействие их микроструктура, её характерные особенности и свойства.

В работе показано влияние карбида бора, как мелкодисперсного материала на морфологию структуры, литейные, технологические и эксплуатационные свойства литого железобористого сплава. Карбид бора в основном используется в промышленности как абразивный материал, а также при необходимости проведения химико-термической обработки является составляющим компонентом насыщающей смеси для получения поверхностного покрытия на черных сплавах. Такое покрытие в основном служит для повышения триботехнических характеристик изделий, работающих в сложных эксплуатационных условиях.

Проведенный анализ существующих данных по карбиду бора позволил привести следующую таблицу растворимости бора в твердом углероде.

t, °C	1800	2000	2200	2350	2400	2500
Cв, %(ат.)	1,0	1,5	3,05	2,35	2,2	2,0

Параметры решетки твердого раствора бора в углероде линейно зависят от состава: параметр a возрастает, а c уменьшается с увеличением концентрации бора. В твердом боре растворяется 0,1 – 0,2 % (ат.) С (рис.1).

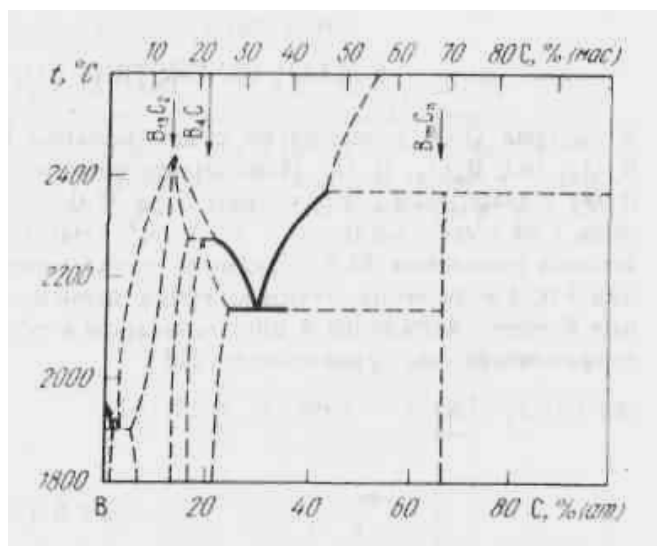


Рисунок 1. Диаграмма состояния системы С–В

В системе С–В имеются три карбида: $B_{12}C_3$ или (B_4C) , образование которого происходит по перитектической реакции при температуре 2250 °С; $B_{13}C_2$, конгруэнтно плавящийся при 2450 °С, и фаза B_mC_n предположительного состава BC_2 . На участках твердый раствор углерода в боре + $B_{13}C_2$ и B_4C + B_mC_n образуются две эвтектики, плавящиеся при 1900 и 2130 °С.

Благодаря высокой абразивной способности карбид бора применяют при шлифовании и полировании твердых материалов. Изделия из карбида бора можно получать с применением горячего прессования при повышенных температурах и давлениях. При введении в расплав в качестве борсодержащего компонента карбида бора происходит диффузия бора в расплав и активное взаимодействие составляющих боросодержателя с кислородом. Это приводит к образованию мелкокристаллической, равномерно распределенной по объёму матрицы расплава структуры, в состав которой входят равномерно распределенные мелкодисперсные включения железобористой и карбоборидной фазы (рис.2).

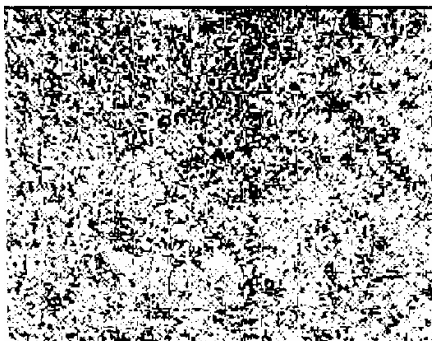


Рисунок 2. Микроструктура железобористого сплава с карбидом бора.

Данный фактор можно объяснить тем, что вводимый порошкообразный карбид бора имеет различные по размерам составляющие от 100 нм и выше, до 10 мкм. В результате такого взаимодействия при температурах, соответствующих температурам плавления низко и среднеуглеродистых сталей, в расплаве происходит формирование таких фаз, как мелкодисперсный твердый раствор внедрения бора в α -железо и замещения в γ -железо, а также боридных фаз FeB и Fe_2B , цементита типа $Fe_3(CB)$, котором согласно многочисленным литературным данным содержится до 80% бора.

Введение порошкообразного карбида бора приводит к созданию в структуре мелкоизмельченной фазы типа структуры Шарпи. Такое влияние данного борсодержащего компонента можно объяснить с точки зрения его гранулометрического состава и температуры плавления. Как показывают результаты проведенных экспериментов, при введении порошкообразного карбида бора в составе сплава отмечается превали-

рующее наличие карбидной фазы. Характер ее распределения по телу отливки в некоторой мере зависит от условий введения порошкообразного карбида бора и интенсивности перемешивания расплава.

Проведенный микроструктурный и рентгеноструктурный анализ подтверждает наличие боридных составляющих в образующемся расплаве. В их состав, согласно данным рентгеноструктурного анализа, входят карбидные, карбоборидные и боридные фазы.

Такой конгломерат из фаз, обладающих высокими показателями микротвердости, твердости и износостойкости, равномерно распределенных в матрице расплава, позволяет получать литые изделия с необходимыми эксплуатационными свойствами.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- при введении мелкодисперсного карбида бора структура приобретает равномерно распределенные по телу отливки фазы;
- в структуре отмечается наличие карбидных, карбоборидных и боридных фаз;
- соответственно с отмеченными структурными изменениями отмечается значительное улучшение микротвердости составляющих фаз, твердости, износостойкости сплава.

УДК 621.74:004

Моделирование технологии изготовления отливок с учётом противопрigarных покрытий

Студент гр.104315 Мельников А.М.

Научный руководитель – Кукуй Д.М.

Научный консультант - Скворцов В.А.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

За последние годы техника литейного производства сделала значительный шаг вперед, разработаны и осуществлены принципиально новые процессы, упрощающие технологию литья или поднимающие ее на более высокий уровень. Большое внимание уделяется усовершенствованию технологии изготовления отливок в песчаных формах, с помощью которой производится около 90% всех отливок, и которая в ближайшие годы останется доминирующим процессом получения литых изделий.

Однако производство отливок в песчаных формах часто бывает сопряжено с образованием пригара одного из наиболее распространенных дефектов поверхности отливок. Пригар является серьезным препятствием для улучшения экономических показателей работы литейных цехов. Эффективным средством предупреждения пригара является применение противопрigarных покрытий для литейных форм. За последние годы было предложено большое количество составов красок для чугунного и стального литья, выполнены многочисленные исследования с целью изыскания новых составов, способствующих получению отливок с чистой поверхностью, свободной от пригара.

В настоящей работе показана возможность качественной и количественной оценки вероятности образования и предотвращения дефектов отливок, по средствам моделирования физических процессов в литейной форме. В качестве инструмента позволяющего выполнить расчеты и получить визуальную картину процессов протекающих в литейной форме использована система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) "ПолигонСофт". Для анализа процессов пригарообразования использовалась ступенчатая проба. Построение 3D моделей литейной формы и отливки выполнялось в среде SolidWorks. Генерация конечно-элементной сетки выполнена в COSMOSDesignSTAR. Учет противопрigarного покрытия осуществляется использование файла «параметры теплопередачи». Для изучения влияния различных противопрigarных покрытий на процесс теплообмена на границе раздела «р-п-ф» в одной литейной форме моделируется изготовление двух отливок. Одна часть литейной формы окрашена противопрigarным покрытием на основе дистен-силлиманида, вторая противопрigarным покрытием на основе графита. Динамика изменения температуры в процессе кристаллизации отслеживалась в контрольных точках на ступенях модели (толщина стенки изменяется от 10 до 50 мм), как в отливке, так и в форме (рис.1).

Расчет кристаллизации расплава показал, что сразу после заливки температура расплава падает сначала стремительно, а затем скорость охлаждения снижается. Так температура отливки в форме, окрашенной противопрigarным покрытием на основе графита в контрольных точках падает до 1000°C через 340 (кривая 1), 580 (кривая 2), 695(для кривых 3,4,5) секунд, в то время как в форме, окрашенной противопрigarным покрытием на основе дистен-силлиманида, температура падает до того же значения за 385, 615 и 720с соответственно, т.е. через противопрigarное покрытие на основе графита идет более интенсивный теплоотвод от отливки, чем через противопрigarное покрытие на основе дистен-силлиманида, что подтверждает разницу в теплофизических свойствах.

В результате моделирования установлено, что противопрigarные покрытия оказывает разное влияние на изменение температуры в форме. Материал формы, окрашенный противопрigarным покрытием на осно-

ве графита, в течение заливки формы расплавом нагревается до более высоких температур, чем аналогичный участок формы с покрытием на основе дистен-силлиманита. Максимум температуры достигает 1196°C в контрольной точке при толщине стенки 50 мм. В части формы окрашенной, дистен-силлиманитовым покрытием также наблюдается скачкообразный рост температуры, однако максимум температуры в аналогичной контрольной точке равен 1148°C, что меньше температуры $T_{\text{сол}}=1160,6^\circ\text{C}$. условие образования пригара (температура поверхности $T_{\text{п}}$ больше температуры солидус расплава $T_{\text{сол}}$) - для противопопригарного покрытия на основе дистен-силлиманита не выполнено, что дает возможность предположить об отсутствии пригара на отливке.

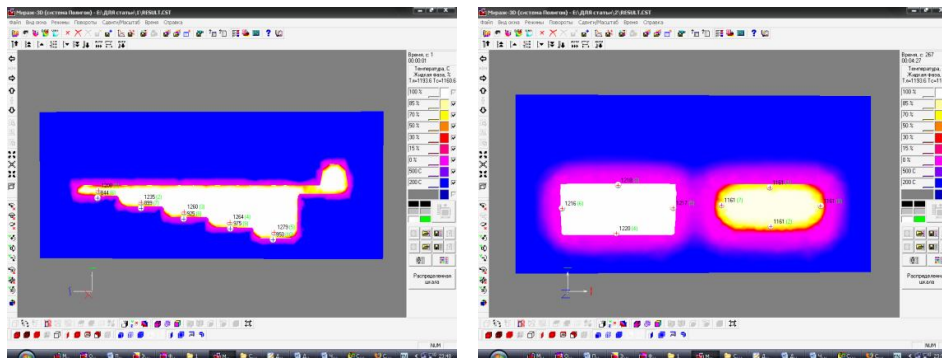


Рисунок 1 – Распределение температуры в литейной форме

УДК 621.74

Анализ работы катковых смесителей для формовочных и стержневых смесей

Студент гр. 104325 Лелого Д.М.

Научный руководитель – Невар Н.Ф.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Наибольшее распространение бегунковые смесители получили в промышленности огнеупорных материалов и в крупных литейных цехах, где они используются для приготовления формовочных и стержневых смесей.

Бегунковые смесители состоят из следующих основных частей: цилиндрической чаши, перемешивающего органа, привода и станины.

В цилиндрической чаше происходит процесс периодического смешения. Часто внутренние боковые ее стенки выкладывают резиной, а днище, подверженное большим истирающим усилиям, – бронированными листами. Чаша имеет плоскую крышку со штуцерами для загрузки смесителя компонентами и жидкими добавками. В днище чаши имеются один или два люка, прикрываемые специальными затворами, для разгрузки смесителя. В большинстве конструкций этих смесителей чаша закреплена на станине жестко, и лишь в некоторых конструкциях она вращается от специального привода.

Перемешивающий орган состоит из цилиндрических катков и плужковых отвалов. Катки (один или два) через подвижные рычаги закреплены на траверсе (крестовине), которая насажена на консольный вал, пропущенный через днище чаши. Плужковые отвалы тоже закреплены на траверсе. Они предназначены для перемещения перемешиваемой массы внутри чаши. Катки служат для уплотнения и перетирания смеси. Создаваемое ими удельное давление на сыпучий материал, попавший под них, должно быть большим: 0,8—1,8 Мн/м². Часто наружную поверхность катков футеруют резиной.

В зависимости от того, каким способом достигается подобное удельное давление, смесители бывают с тяжелыми катками, с рессорным прижатием катков и с центробежными бегунами. В смесителях с тяжелыми катками необходимое удельное давление на смесь создается массой самих катков, из-за чего приходится их изготавливать весом 400—3000 кг. В смесителях с рессорным прижатием катков необходимое удельное давление на смесь достигается собственным весом катков и упругой силой рессор. В смесителях с центробежными бегунами катки имеют небольшой вес, но они создают необходимое удельное давление за счет развиваемой в них при вращении центробежной силы инерции.

В смесителях первых двух типов может вращаться либо перемешивающий орган, либо чаша, а в некоторых конструкциях (с противоточными бегунами) и то, и другое. В смесителях с центробежными бегунами перемешивающий орган обязательно должен вращаться. В некоторых конструкциях центробежных

бегунковых смесителей, например в модели 115, катки обкатываются по боковой поверхности чаши, для чего их закрепляют на траверсе горизонтально.

В зависимости от количества вращающихся перемешивающих органов, устанавливаемых в чаше, бегунковые смесители делят на одно- и двухроторные.

Процесс смешения сыпучих материалов в бегунковых смесителях протекает быстро: 3-6 мин. Электрическая схема их привода допускает работу в по операционном или автоматических режимах. В последнем случае последовательность операций задается аппаратом КЭП-12У по общепринятой схеме.

Затворы выпускных люков в бегунковых смесителях открывают и закрывают либо вручную, либо с помощью пневмоцилиндров.

Наибольшее распространение имеют смесители с центробежными бегунами типа 115М (рис. 1).

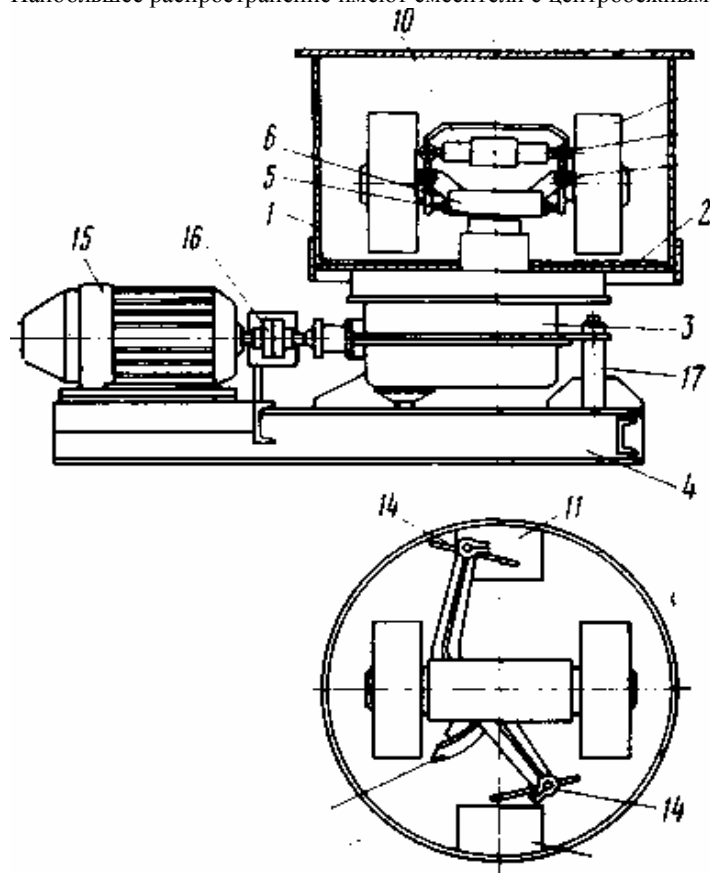


Рисунок 1 Смеситель с центробежными бегунами типа 115М.

Стальная чаша 1 смесителя имеет внутренний диаметр 1920 мм (в модернизированном варианте 2400 мм), ее боковые стенки выложены резиной, а на нижнюю рабочую поверхность наложена броневая плита 2. В днище чаши имеются два люка и 12 для разгрузки готовой смеси. Затворы люков раздвигаются и сдвигаются с помощью двух пневмоцилиндров. В крышке чаши имеется отверстие для соединения с мерным загрузочным бункером. Перемешивающий орган смесителя состоит из траверсы 6, насаженной на консольный вал 5 редуктора катков 9, прижимного устройства 10, внутреннего 13 и наружных 14 отвалов. Катки крепятся к траверсе через рычаги и 8. Пружины прижимают каток перемешиваемой массе. Зазор между днищем и катками можно регулировать. Каждый каток вращается в двух радиально-упорных подшипниках, закрепленных в корпусе, жестко соединенном с рычагом катка.

Каждый каток при вращении траверсы совершает сложное движение: кроме вращения вокруг собственной оси он перемещается по вертикали за счет поворота рычага в серьгах траверсы. Внутренний отвал 13 крепится к траверсе сбоку через переходную планку, он может перемещаться по высоте, для чего предусмотрены вертикальные пазы в переходной планке. Наружные отвалы также крепятся к траверсе. Во время монтажа и ремонтов их можно перемещать в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Студент гр. 104328 Решетко Е.М.
 Научный руководитель – Фасевич Ю.Н.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Экзотермические оболочки для прибылей обладают важным преимуществом - длительным временем протекания экзотермической реакции, в ходе которой выделяется энергии около 8МДж/кг. Это обстоятельство позволяет в течение длительного времени сохранять металл жидким, при этом зеркало металла в прибылях в течение питания отливки опускается равномерно по всему сечению прибылей, что приводит к сокращению объёма металла за счёт отсутствия вытянутой в вертикальном направлении усадочной раковины. При падении температуры от 1600⁰С до 700⁰С теплоёмкость экзотермической смеси меняется от 1331 до 1168 Дж/°К, теплопроводность меняется от 0,71 до 0,24 Вт/м*К. Необходимо отметить, что экзотермические оболочки превосходят теплоизоляционные свойства изотермического материала во всём рабочем диапазоне температур, а протекание экзотермической реакции создает дополнительный разогрев металла, обеспечивающий столь эффективно направленное затвердевание.

После затвердевания отливки для облегчения отделения подприбельного остатка используются отсекатели, выполненные из стержневой смеси. Основные преимущества применения подобных отсекателей связаны с их небольшой теплопроводностью, что практически не снижает теплоёмкость самой оболочки прибыля. Меньшее внутреннее поперечное сечение отсекателя снижает поверхность между прибылью и отливкой. Клиновидная внутренняя поверхность отсекателя позволяет легко удалять прибыль, что приводит к сравнительно гладкой поверхности разъема.



Образцы экзотермических оболочек прибылей

Эффективность использования экзотермических оболочек прибылей проверяется на стадии проектирования литейной технологии или её модернизации без проведения многочисленных натурных экспериментов. На основе численного анализа литейной технологии с учётом использования оболочек прибылей проводится диагностика технологических и металлургических параметров режима заливки в различных условиях. При использовании программного пакета «Procast» становится возможным описать образование целого ряда литейных дефектов, в основе возникновения которых лежат сопряжённые гидродинамические, тепловые и усадочные процессы при заливке полости литейных форм и затвердевании отливки. При этом база данных программного пакета дополняется специфическими свойствами поставляемых оболочек. Вводимые данные отражают для оболочек прибылей время протекания экзотермической реакции, температура воспламенения, количество выделяемой теплоты, распределение объёмной теплоёмкости и теплопроводности в зависимости от температуры.

Результаты численных расчётов, проверка их адекватности и апробирование соответствующих технологических решений доказывают эффективность применения экзотермических элементов литниковых систем при разработке или модернизации литейной технологии.

Студент гр. 104315 Сорока И.В.
 Научный руководитель – Фасевич Ю.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В технологическом процессе изготовления стальных отливок достаточно широко применяются экзотермические прибыли, в основе работы которых лежат реакции металлотермического типа, реагентами в которых являются способные к экзотермическому взаимодействию смеси порошков металлов с оксидами. Экзотермические прибыли используют для обогрева литейных прибылей с целью повышения эффективности питания отливок, сокращения массы прибылей и повышения (%) выхода годных отливок. Поэтому, важным этапом в разработке экзотермических составов смесей является анализ эффективности взаимодействия различных компонентов экзотермических смесей и обеспечения, тем самым, результативной работы

литейной прибыли. При решении задачи стабилизации свойств экзотермической смеси необходимо отказаться от жёстких универсальных технических условий и перейти к гибкой системе регулирования их свойств в зависимости от состава исходных материалов. При разработке вышеуказанного этапа принято руководствоваться математическим планированием эксперимента. В металлургии широко распространены задачи оптимизации, в которых требуется получить экстремальное значение какого-либо свойства материала в зависимости от переменных, которые влияют на изменение значения параметра оптимизации – оптимизируемого свойства. Планирование эксперимента позволило провести минимально необходимое число опытов для оценки отклика с заданной точностью и получить приближённую модель, позволяющую без проведения эксперимента получать результаты. Начинать построение модели необходимо с выбора параметра оптимизации. Затем были выбраны факторы, основной (нулевой) уровень и интервалы варьирования факторов. Затем факторы кодировались. Кодирование позволило представить верхний уровень фактора в виде «+1», нижний в виде «-1», а основной уровень – нулём, и сопоставить силу влияния разнородных факторов на параметр оптимизации. Далее составляют матрицу планирования, в которой кроме основных факторов, вводят фактор «X0» - так называемую фиктивную переменную, необходимую для расчёта свободного члена искомой модели – коэффициента «b0». Следующим шагом расчёта было построение математической модели состава экзотермической смеси, для чего были рассчитаны коэффициенты регрессии. В результате получилась модель вида: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i$. Для проверки значимости коэффициентов регрессии выдвинута нулевая гипотеза о том, что коэффициенты уравнения статистически незначимо отличны от нуля. Для проверки гипотезы использован критерий Стьюдента. Для этого рассчитывают доверительный интервал коэффициентов $\Delta b_i = t_{\alpha, f_1} \cdot S_{b_i}$. Значения коэффициентов регрессии сопоставили с Δb_i и те значения, которые оказались по абсолютной величине меньше доверительного интервала, исключили из уравнения. Далее эмпирическое значение было сопоставлено с табличным. Так, последовательно осуществляя проверку значимости коэффициентов регрессии и производя соответствующую коррекцию, в конечном итоге получили модель, содержащую лишь значимые коэффициенты регрессии.

Для полученного уравнения регрессии проводили проверку его адекватности. Данную проверку осуществляли с помощью F-критерия Фишера, численное значение которого сравнивали с табличным критическим значением:

$$F_{f_1, f_2}^{PACЧ} = \frac{S_{неадек}^2}{S_y^2}$$

Если $F_{эмп} < F_{крит}$, то нет оснований отклонять нулевую гипотезу. Если же $F_{эмп} > F_{крит}$, то гипотеза об отсутствии линейной связи отвергается.

Выводы. Полученные эмпирические зависимости показывают связь технологических свойств экзотермической смеси с основными компонентами состава.

Полученные зависимости непосредственно использованы для формирования корректирующего воздействия в процессе оптимизации составов, так как отражают связь свойств экзотермической смеси с ее компонентами.

На базе полученных эмпирических зависимостей, разработан алгоритм корректировки состава формовочной смеси, что позволит стабилизировать свойства экзотермической смеси.

Машины и технология обработки металлов давлением

УДК 621.762

Сварка взрывом с последующей прокаткой биметаллического материала

Студент гр.104415 Шегидевич А.А.

Научный руководитель – Белявин К.Е.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Биметалл - материал, состоящий из двух слоев разнородных металлов или сплавов (например, сталь и алюминий, сталь и ниобий, алюминий и титан, титан и молибден и др.). В настоящее время биметаллы применяются в самых различных отраслях промышленности: в химической и нефтеперерабатывающей, в машиностроении, приборостроении, судостроении, в сельском хозяйстве и т. д.

Биметаллический материал Al-Cu получают методом сварки взрывом листовых заготовок алюминия и меди различных марок с последующей прокаткой. При этой технологии соединение происходит за счет совместной пластической деформации в результате соударения, вызванного взрывом быстро движущихся соединяемых частей. При этом кинетическая энергия движущихся деталей выполняет работу по совместной пластической деформации контактирующих слоев. Принципиальная схема сварки взрывом представлена на рисунке. Неподвижную пластину (основание) 4 и μεταаемую пластину (облицовку) 3 располагают под углом $\alpha = 2-16^\circ$ на заданном расстоянии $h = 2-3$ мм от вершины угла. На μεταаемую пластину укладывают заряд взрывчатого вещества 2. В вершине угла устанавливают детонатор 1. Сварка производится на опоре 5.

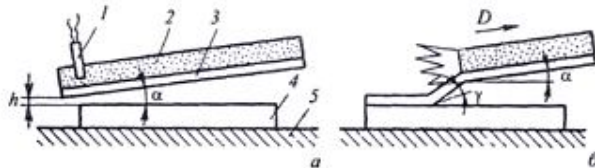


Рисунок – Угловая схема сварки взрывом до начала (а) и на стадии взрыва (б)

В результате этого подвижная заготовка получает ускоренное движение, направленное в сторону неподвижной заготовки. Соударяясь заготовки получают взаимную пластическую деформацию, необходимую для прочного соединения.

После образования биметаллического материала необходимо последующая прокатка для придания биметаллическому листу формы необходимой для обработки традиционными методами. Этот процесс затруднен необходимостью подбора режимов прокатки полученного биметалла.

В результате проделанной работы подобраны режимы прокатки, на прокатном стане 500, после сварки взрывом биметаллического материала Al-Cu, что позволило его использовать в промышленности. Биметаллический материал Al-Cu предназначен для изготовления контактных переходников и токопроводящих элементов. Применение материала делает возможным обеспечение идеального электрического контакта. Эффект достигается за счет устранения возможности образования гальванической пары, вызывающей электрохимическую коррозию. Долговечность контакта высокая, потери на нагрев исключены. Отработанная технология предусматривает возможность нанесения медного плакирующего слоя толщиной от 0,2 до 4,0 мм на алюминиевую основу с одной стороны, с обеих сторон, по всей поверхности, на отдельные дискретные участки.

Изготовление при помощи сварки взрывом с последующей прокаткой биметаллических и многослойных композиционных материалов открывает широкие перспективы. Сортамент биметаллических листов и плит, изготавливаемых сваркой взрывом разнообразен (например, максимальные габариты достигают 3000x3000 мм).

УДК 621.771

Разработка комбинированной технологии изготовления рабочих деталей почвообрабатывающей роторной техники

Студенты гр. 104416 Василенко В.Г., Козлов В.В., Дыбчук Н.Н., Жижич В.С.

Научный руководитель – Давидович Л.М.

Белорусский национальный технический университет

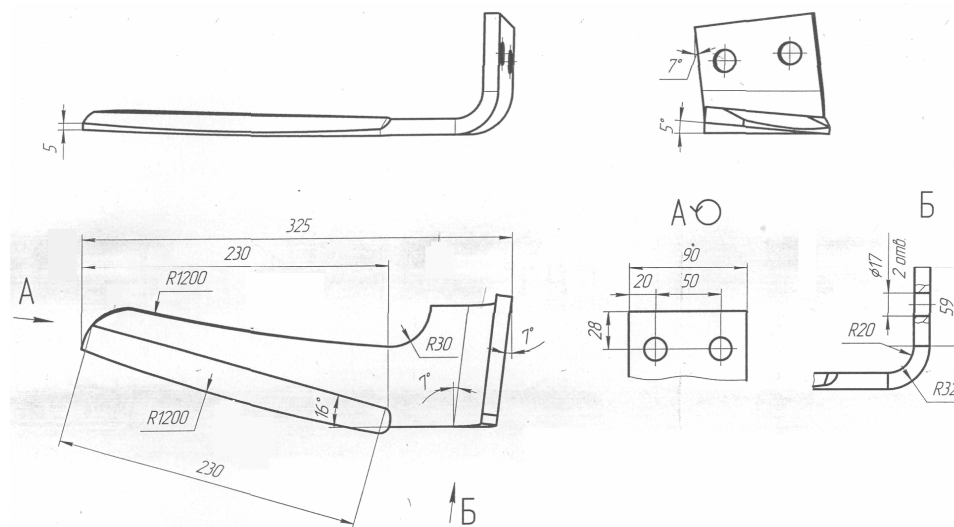
г. Минск

Почвообрабатывающая роторная техника применяется в сельскохозяйственном производстве при бороновании почвы.

Боронование как технологический процесс обработки поверхности почвы производится для рыхления, выравнивания, уничтожения корки, очистки пашни от сорняков, заделки в почву удобрений. В процессе боронования зубья бороны подвергаются быстрому износу и подлежат замене.

В связи с отсутствием производства зубьев роторных борон в республике, задача создания экономичной технологии этих рабочих органов с заданным комплексом механических свойств является весьма актуальной.

Зуб роторной бороны имеет Г-образную конструкцию и состоит из монтажной и рабочей частей (рисунк).



Зуб бороны

Такая конструкция зуба позволяет использовать его с вертикальным и горизонтальным расположением ротора. Однако, из-за высокой энергоемкости роторной бороны с горизонтальным расположением ротора, наиболее часто применяются машины с вертикальным расположением роторов. Такое оборудование выпускается различными иностранными фирмами "Rabe", "Lemken", "Amazon" и др.

Зубья роторных борон работают в условиях высоких ударных нагрузок и испытывают значительные изгибающие напряжения из-за консольного расположения рабочей части зуба. Поэтому требования к качеству этого изделия определяют выбор технологии и материалов для их изготовления.

При выборе материала для изготовления зуба роторной бороны был проведен анализ химического состава и механических свойств зубьев и других почвообрабатывающих органов различных иностранных производителей. Общим для материалов рабочих органов является сравнительно низкое содержание углерода - 0,3-0,4% и наличие кроме легирующих элементов Mn, Si, большого количества микродобавок Mo, Ti, Cr, Co и других.

Для повышения износостойкости при воздействии ударных нагрузок, т.е. увеличения вязких свойств, содержание углерода невелико – всего лишь 0,247%. В то же время анализ механических характеристик показал, что за счет применения легирующих элементов и микродобавок твердость стали составляет 46-48 HRC. При этом распределение твердости по сечению детали равномерное, т.е. она одинакова как на поверхности, так и в сердцевине изделия. Предел прочности стали составляет $\sigma_B = 1700-1800$ МПа, а ударная вязкость $a_n = 70-80$ Дж/см².

По комплексу механических свойств этим требованиям в наибольшей степени соответствуют стали 30ХГСА. Эта сталь применяется для изготовления деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости. После ТПО и закалки с 900°С с последующим охлаждением в масле и отпуске при 200°С сталь 30ХГСА имеет предел прочности $\sigma_B = 1960$ МПа и ударную вязкость 60 Дж/см² и способна выдерживать пластические деформации. То есть применение этого материала для изготовления зуба роторной бороны вполне приемлемо.

Технологический процесс обработки зуба бороны

1. Вырезка заготовки исходной формы плазменной резкой листа.
2. Формообразование монтажных конструктивных элементов, например, пазов, отверстий, технологические принципы те же, что и на первой операции.

3. Индукционный нагрев заготовки до температуры 1150-1200°C с применением генераторов ТВЧ различной мощности и частоты в зависимости от размеров заготовки.

4. Продольно-поперечная прокатка.

5. Объемная штамповка монтажной части детали.

6. Термообработка. Охлаждение в закалочной ванне или в спрейерном устройстве сформованной детали при температуре 870-920°C. В зависимости от материала изделия выбирается охлаждающая среда – масло, вода с добавками, водо-воздушная смесь под давлением и др.

7. Высокий отпуск. Интервал температур для отпуска достаточно широк от 200 до 650 °С. Высокий отпуск (650°C) необходим для деталей, работающих с ударными нагрузками для обеспечения наивысшей ударной вязкости. Так для стали 30ХГСА, применяемой для изготовления зуба борона, отпуск при 650 °С обеспечивает твердость HRC 36-38 и ударную вязкость $a_n \approx 1 \text{ МДж/м}^2$. Для сравнения обычная закалка этой стали без деформации с последующим отпуском при температуре 650 °С дает значение HRC 32-34 и $a_n \approx 0,4 \text{ МДж/м}^2$.

Приведенная комбинированная технология в настоящий момент внедряется на предприятиях Республики Беларусь.

УДК 621.762

Механика измельчения твердых порошковых материалов в валковых мельницах

Студент гр.104415 Шегидевич А.А.
 Научный руководитель – Гавриленя А.К.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

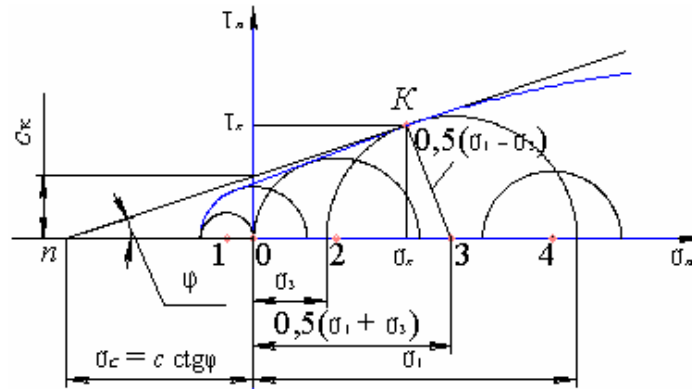
Находящийся между встречно вращающимися валками материал испытывает с ними силовое взаимодействие, определяемое граничными условиями и его физическими свойствами и состоянием.

Различие свойств твердых компактных и порошковых связносыпучих материалов предопределяет отличия условий и механизмов их деформации. Частицы твердых компактных материалов, представляющие в массе порошок, находятся в контактом взаимодействии, определяемым критерием прочности Мора-Кулона – математическим описанием криволинейной огибающей кругов напряжения (рисунок 1):

$$\tau_n = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c = (\sigma_n + \sigma_c) \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где τ_n и σ_n – касательное и нормальное напряжения к поверхностям сдвига; φ и c – соответственно угол межчастичного трения и сцепление частиц;

$$\sigma_c = c \operatorname{ctg} \varphi [1,2].$$



0 – чистый сдвиг, $\tau_n = c$; 1 – одноосное растяжение, $\sigma_n = -\sigma_1$;

2 – одноосное сжатие, $\sigma_n = \sigma_1$; 3 – двухосное сжатие;

4 – двухосное сжатие без сдвига

Рисунок 1 – Диаграмма кругов предельного состояния Мора

Увеличение внешней нагрузки сопровождается ростом контактных между частицами напряжений, деформацией частиц и увеличением плотности твердого порошкового материала, описываемым выражением, [3,4]

$$\rho_\sigma = \rho_n + k p^m, \quad (2)$$

где ρ_σ , ρ_n – под давлением и насыпная плотности твердого порошкового материала; k и m – определяемые экспериментально параметры.

Пластическая деформация частиц, представляющих твердые компактные материалы, определяется условием пластичности Сен-Венана–Треска [5]:

$$\sigma_{\sigma_1} - \sigma_{\sigma_3} = \beta \sigma_s, \quad (3)$$

где σ_{σ_1} и σ_{σ_3} – большее и меньшее главные напряжения; $\beta = 1-1,15$ – коэффициент напряженного состояния; σ_s – предел текучести материала.

Условие структурной (межзерной) деформации твердых порошковых материалов в виде разности главных напряжений, значение которой вытекает из рисунка 1, имеет вид

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi. \quad (4)$$

Из этого следует, что условие деформации твердых порошковых материалов определяется не только их свойствами, но и величиной меньшего, а следовательно, и среднего $\sigma = 0,5(\sigma_1 + \sigma_3)$ напряжений. Это, как и изменение объема (плотности) обрабатываемого давлением твердого порошкового материала, представляет собой отличие условий его деформации от твердых компактных материалов, уменьшающееся с увеличением давления прессования. В пределе по достижении компактного состояния вследствие $\varphi \rightarrow 0$, а $2c \rightarrow \sigma_s$ выражение (4) преобразуется в (3).

Поскольку сцепление частиц уплотненного твердого порошкового материала меньше прочности его частиц ($2c \leq \sigma_s$), условие (4) свидетельствует о возможности межзерной деформации ранее уплотненного твердого порошкового материала внешним нагружением, меньшим предшествующей обработки при условии уменьшения среднего и меньшего главного напряжений. В этом случае деформация вызывает разрыв ранее образовавшихся и образование новых контактов между частицами, площадь и прочность сцепления которых определяются действующими между ними напряжениями с возможностью разрушения уплотненного твердого порошкового материала на частицы, размер которых меньше исходного.

Условие деформации и разрушения частиц обрабатываемого давлением твердого порошкового материала определили совместным решением выражений (3) и (4): $\sigma_s = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi$, преобразованием которого получена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и измельчение твердого порошкового материала:

$$\sigma = (k_\sigma \sigma_s - 2c \cos \varphi) v_\sigma / 2 \sin \varphi, \quad (5)$$

где $k_\sigma = \sigma_n / \sigma_s$ – коэффициент, учитывающий деформационную способность материала частиц; относительная плотность материала v_σ учитывает реальную площадь его сечения. При этом большее главное напряжение определяется из известного соотношения напряжений в твердом порошковом материале:

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin \varphi) - \sigma_c. \quad (6)$$

Затем по известным формулам [3] рассчитывают усилие на валки, крутящий момент и мощность привода валков.

Литература

1. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М.: Физматгиз, 1966. – 243 с.
2. Харр, М.Е. Основы теоретической механики грунтов / М.Е. Харр. – М.: Стройиздат, 1971. – 320 с.
3. Ложечников, Е.Б. Прокатка в порошковой металлургии / Е.Б. Ложечников. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.
4. Жданович, Г.М. Теория прессования металлических порошков / Г.М. Жданович. – М.: Металлургия, 1968. – 268 с.
5. Целиков, А.И. Теория продольной прокатки / А.И. Целиков, Г.С. Никитин, С.Е. Рокотян. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

УДК 621.771.63

Способы управления явлением уширения при прокатке полос

Студенты гр.104416 Валентюкевич А.А., Евсеев М.М.
 Научный руководитель – Исаевич Л.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Уширение при прокатке в гладких валках в большинстве случаев является отрицательным фактором, так как требует увеличения суммарного обжатия в процессе уменьшения поперечного сечения полосы. Про-

дольная прокатка полос переменной толщины, являясь нестационарным процессом, характеризуется изменяющимися по длине проката размерами и формой поперечного сечения, т.е. толщиной и шириной.

При прокатке полос переменной толщины, используемых в качестве заготовок для малолитовых рессор, вследствие интенсивного обжатия на концах полосы и потери жесткого конца (внешних зон) существенно увеличивается уширения на этих участках по сравнению с центральной частью заготовки. Это приводит к получению полос с большим уширением на концах, что не допускается чертежом изделия и требует дополнительной механической обработки.

Наиболее простым способом регулирования уширения полосовых заготовок является применение различных ограничительных устройств и приспособлений для придания необходимой ширины прокатной заготовке. Рядом зарубежных и отечественных фирм используются прокатные клетки, в которых наряду с горизонтальными катающими по толщине валками применяют вертикальные обжимные валки, служащие для устранения уширения полосы. В ряде случаев используют валки с упорными ограничительными ребрами, также препятствующими развитию уширения.

Недостатком перечисленных способов является невозможность обеспечения закругленной формы боковых кромок полос, что является одним из основных требований к качеству такого типа проката, поскольку закругленная форма боковых кромок снимает появление концентраторов напряжений.

Существенное влияние на величину уширения оказывает переднее натяжение при прокатке, так как оно активизирует деформацию металла в вытяжку. Однако наличие переднего натяжения может вызывать зарождение микротрещин в металле в процессе прокатки из-за снижения продольной составляющей объемной схемы всестороннего неравномерного сжатия, что отрицательно скажется на долговечности рессорной подвески в целом.

Уменьшение диаметра валков также приведет к снижению величины уширения. Однако это уменьшение ограничено не только снижением жесткости самих валков, но и условиями захвата металла. Известно, что при установившемся процессе прокатки в приводных (не приводных) валках продольное значение угла прокатки выражается соотношением $\alpha \leq 2f$, где f – коэффициент контактного трения.

При несоблюдении данного требования валки начинают буксировать по металлу, что приводит к остановке процесса прокатки. Это обстоятельство вызывает необходимость дробления суммарной деформации, что возможно при использовании прокатной клетки с несколькими парами валков.

Одним из действенных факторов, оказывающих влияние на снижение уширения, является увеличение коэффициента контактного трения в направлении ширины (в поперечном направлении). Для этого предложено на поверхности деформируемого инструмента (профилированной катающей оправки) наносить продольные канавки небольшой (глубинной до 1 мм) глубины (рис.).

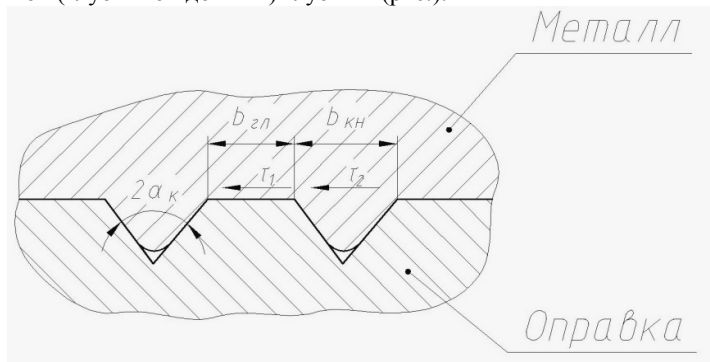


Рисунок – Схема для расчета коэффициента контактного трения поперек полосы.

Так как контакт поверхности оправки с металлом дискретен и неоднороден, то суммарная сила трения складывается из элементарных сил трения, возникающих на отдельных площадках касания

$$T_{\Sigma} = \Sigma T_1 + \Sigma T_2, \quad (1)$$

где T_1 – сила трения, действующая на гладкой площадке касания шириной $b_{гп}$;

T_2 – сила трения, действующая в области продольных канавок шириной $b_{кн}$.

Выражение (1) можно представить как

$$T_{\Sigma} = \tau_1 b_{гп} n + \tau_2 b_{кн} m, \quad (2)$$

где τ_1 – касательное напряжение, действующие на гладкой площадке касания;

τ_2 – то же в области канавки;

n – количество гладких площадок шириной $b_{гп}$;

m – количество канавок шириной $b_{кн}$.

На гладкой площадке касательное напряжение принимаем по условию Зибеля

$$\tau_1 = f\sigma_T,$$

а в области канавки

$$\tau_2 = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}},$$

т.е. контактного трения;

где σ_T – предел текучести металла полосы имеет предельно значение; f – коэффициент трения.

Тогда выражение (2) примет вид

$$T_{\Sigma} = f\sigma_T b_{\Sigma} n + \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} b_{\Sigma} m.$$

Среднее значение касательных напряжений, действующих на площадках по ширине полосы, будет

$$\tau_{ср} = \frac{T_{\Sigma}}{B_{\Sigma}}, \quad (3)$$

где B_{Σ} – суммарная ширина касания

Тогда усредненный коэффициент контактного трения, действующий в конкретном направлении, согласно (3) будет

$$f_{\text{нп}} = \frac{\tau_{ср}}{\sigma_T}$$

В продольном направлении коэффициент контактного трения $f_{\text{нп}}$ можно принять таким же как и для случая прокатки на гладкой бочке.

В связи с этим $\frac{f_{\text{нп}}}{f_{\text{нп}}} > 1$, что и обеспечивает снижение уширения во столько же раз по сравнению с гладким деформирующим инструментом.

Таким образом, изменяя значение коэффициента контактного трения в очаге деформации поперек полосы можно управлять явлением уширения.

УДК 621.07.06

Пресс-автомат с самоподачей ленты

Студенты гр. 104425 Белявская В. Н., гр. 104416 Лапицкий В. А., гр. 104426 Малько М. А.
Научный руководитель – Овчинников П. С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является проектирование пресс-автомата для листовой штамповки.

В промышленности широко используются пресс-автоматы для листовой штамповки. Эти прессы оснащены валковыми, клещевыми, револьверными подачами. Узел подачи довольно сложный и дорогостоящий. Для его привода расходуется около 20% мощности привода прессы. Подача работает дискретно, такой характер работы ограничивает производительность машины.

Пресс-автоматы с валковой подачей имеют производительность 400-600 ходов в минуту. При большей производительности подача выходит из строя.

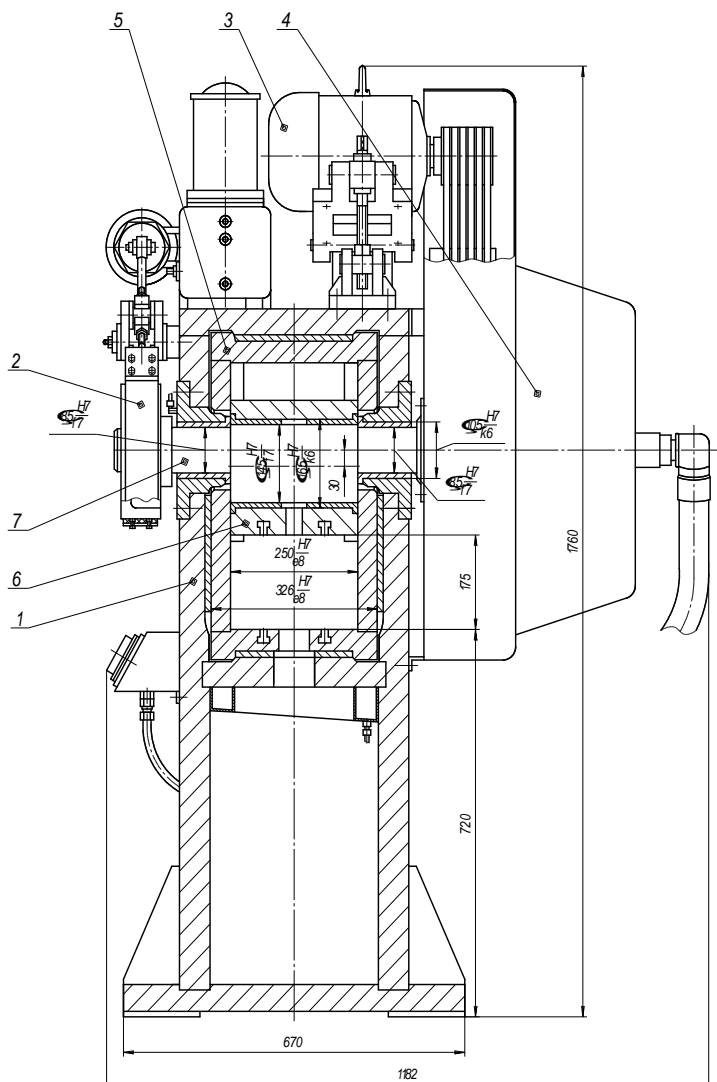
В данной работе рассматривается конструкция пресс-автомата, которой не требуется узла подачи. На рисунке приведен чертеж этого прессы.

Станина прессы 1 сварная, закрытого типа. Сверху на станине установлен электродвигатель 3, от которого крутящий момент клиноременной передачей передается маховику. С маховиком связана фрикционная муфта 4, передающая крутящий момент эксцентриковому валу 7. На левом конце этого вала смонтирован ленточный тормоз 2.

Эксцентриковый вал проходит сквозь ползун 6, который при вращении вала совершает круговые движения. Ползун размещен в раме 5, которая перемещается в направляющих станины в горизонтальном направлении. Верхняя половина штампа с прижимом-съёмником крепится к ползуну, а нижняя – к раме. При перемещении ползуна вниз относительно рамы в определенный момент лента зажимается штампом и дальше транспортируется вместе с ним. Затем производится штамповка и извлечение пуансонов из штампуемого материала.

Такой пресс можно использовать как пресс-автомат с самоподачей ленты, ему не требуется специальное подающее устройство. Если сравнить данный механизм с кривошипно-шатунным, применяемым у традиционных прессы, крутящий момент привода будет на 20 % больше у последнего, чем у рассмотренного здесь пресс-автомата.

Следует отметить, что высота данного пресса будет меньше, чем выпускаемых промышленностью на длину шатуна, примерно на $10R$, где R - радиус кривошипа. Это приведет к уменьшению веса пресса и увеличению его устойчивости вследствие снижения положения центра тяжести машины. Последнее обстоятельство и отсутствие узла подачи позволяют увеличить производительность пресса, которая составляет более 600 ходов в минуту.



Пресс-автомат с самоподачей ленты

УДК 621.73.043

Малоотходная штамповка круглых в плане поковок в штампах с клиновой облойной канавкой

Студенты гр.104426 Варфоломеев А.С., Лажбенёв П.П., Равгень М.А., Синицкий С.В.

Научный руководитель – Карпицкий В.С.

Белорусский национальный технический университет

г.Минск

Наиболее распространённым методом горячей штамповки в крупносерийном производстве в настоящее время является штамповка на молотах и прессах в открытых штампах. Наряду с большими достоинствами штамповка на молотах и прессах имеет и ряд недостатков. Одним из них является большой отход металла в облой, который необходим для обеспечения хорошего заполнения полости чистового ручья штампа. Отход металла в облой является наибольшим из всех элементов потерь и составляет в среднем 20-30% от веса поковок.

Наиболее рациональным средством уменьшения указанных потерь является внедрение безоблойной штамповки в закрытых штампах. Она дает возможность сократить до минимума или полностью устранить потери металла, идущего в облой. Однако, кроме преимуществ перед штамповкой в открытых штампах, безоблойная штамповка имеет также и ряд существенных недостатков, главными из которых являются: а) меньшая универсальность (освоена только штамповка круглых в плане поковок); б) значительные колебания размеров поковок по высоте, приводящие к утяжелению поковок и увеличению объема станочной обработки; в) значительный процент брака поковок из-за не заполнения полости ручья штампа, который приводит к перерасходу металла; г) наличие торцевого заусенца по периметру поковки, достигающего больших размеров по высоте, для заштамповки которого нужно иметь дополнительные штампы и оборудование; д) уменьшение в 2-3 раза стойкости штампов.

Эти недостатки настолько серьезны, что из-за них безоблойная штамповка не получила широкого распространения в кузнечно-штамповочном производстве. В настоящий период времени ведутся поиски новых технологических решений по совершенствованию технологических процессов штамповки поковок, одним из которых является малоотходная штамповка поковок в открытых штампах с облойной канавкой клиновидной формы. Большие потери металла в облой при штамповке в открытых штампах можно объяснить несовершенством применяемой в них облойной канавки.

Наиболее распространенной формой канавки, применяемой при штамповке в открытых штампах, является канавка с параллельным мостиком, показанная на рисунке 1,а. Канавка состоит из двух участков: так называемого мостика, прилегающего к поковке, и магазина. Высота магазина берется в 2-5 раз больше высоты мостика, а ширина – соответственно в 3-4 раза больше ширины мостика. При такой форме канавки не создается значительного сопротивления истечению металла (рисунок 1,б).

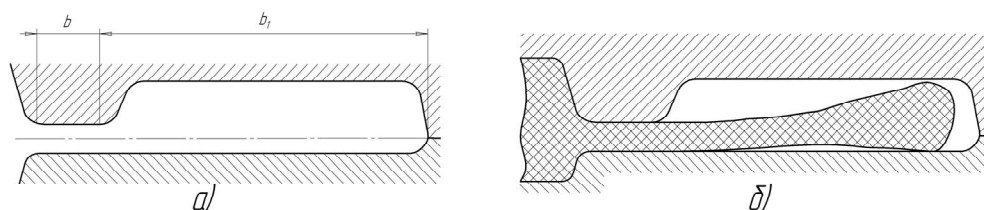


Рисунок 1- Форма облойной канавки обычного типа

В результате при штамповке даже простейших поковок типа тел вращения непроизводительные потери металла в облой составляют 10-25% от веса поковки.

Поскольку сопротивление течению и потери металла в облой при прочих равных условиях в большой степени зависят от формы и размеров облойной канавки, то в первую очередь необходимо совершенствовать ее конструкцию.

Облойная канавка должна быть такой, чтобы при минимальном гарантированном объеме металла для облоя она могла создавать по периметру поковки с начала и до окончания штамповки такое сопротивление течению металла, которое обеспечивало бы быстрое и отчетливое заполнение полости чистового ручья штампа при высокой его стойкости.

Это возможно в случае, если процесс образования облоя всегда будет происходить в условиях контактного трения и резко выраженного объемного напряженного состояния с постоянно возрастающим усилием торможения при вытекании металла в канавку.

Таким требованиям наиболее полно отвечает форма канавки, приведенная на рисунке 2. В этой канавке мостик выполнен в виде срезанного клина с начальной высотой h_n , конечной высотой h_k и шириной b . Для выхода металла, в случае штамповки с неравномерным образованием облоя по периметру поковки, за клиновидной частью канавки делается полость с параллельными стенками (магазин) шириной b_1 . Вытекающий в облой металл, находясь под большим давлением стенок клиновидного мостика канавки, в условиях резко выраженного сжатия, вынужден в процессе штамповки течь в постоянно сужающееся пространство. Поэтому по мере продвижения металла в клиновом мостике силы, тормозящие вытекание металла в облой, стремительно нарастают и в последний момент штамповки достигают максимального значения. В связи с таким процессом истечения уже с первого момента штамповки происходит резкое повышение давления в полости ручья штампа, что и обеспечивает быстрое и отчетливое получение поковки точных размеров и требуемой конфигурации.

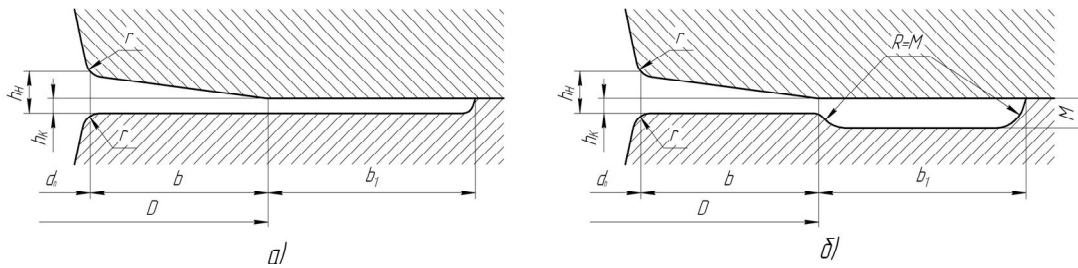


Рисунок 2-Типы облойной канавки с клиновым мостиком

В зависимости от конфигурации и сложности штампуемых деталей разработаны и применяются два типа клиновых канавок. Канавка, показанная на рисунке 2,а, применяется для круглых в плане поковок при равномерном образовании облоя по периметру поковки. Канавка второго типа (рисунок 2,б) применяется для поковок, близких к круглым в плане, а также для круглых поковок, имеющих тонкое полотно без наружного венчика при неравномерном образовании облоя по периметру поковки. Такие канавки рекомендуются также применять для поковок с вытянутой осью, когда в фасонной заготовке не обеспечивается точное распределение металла в соответствии с площадями поперечного сечения поковки или когда имеются на поковке участки со значительным избытком металла, выдавливаемого в облой. Допускается применение такой канавки не по всему периметру ручья.

Применение штампов с клиновой канавкой вместо штампов с канавкой обычной формы позволяет значительно сократить потери металла в облой до 3-10% от веса поковки, увеличить производительность штамповки на 30-50%, повысить стойкость штампов в 1,5-2 раза.

УДК 631.7/9.016

Теоретический анализ особенностей способа поверхностного упрочнения упругих элементов рессорных подвесок продольной прокаткой

Студенты гр. 104426 Труш А.Г., Левкович В.В.

Научный руководитель – Иваницкий Д.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основные виды отказов рессор — усталостные разрушения листов и износ концов коренных листов. Реже встречаются срез и смятие центрального болта, износ пальца и втулки ушка, поломка кронштейнов, потеря упругих свойств подвески.

Очаги зарождения трещин находятся, как правило, на вогнутой (работающей на растяжение) поверхности листа и соответствуют местам контакта с соседними листами или с деталями крепления рессор.

Известен способ упрочнения рессорных листов, при котором осуществляют дробную деформацию поверхности дробеструйной обработкой для повышения упрочнения металла путем создания на его поверхности напряжений сжатия. В качестве недостатков известного способа поверхностного упрочнения можно выделить повышенный шум, низкая экологичность, необходимость частой замены или очистки дроби, невозможность регулирования параметров процесса.

Предложенный способ поверхностного упрочнения заключается в дробной деформации при прокатке с созданием в поверхностном слое рессоры фасонной полосчатой деформированной структуры, состоящей из параллельных канавок периодического профиля (рис. 1).

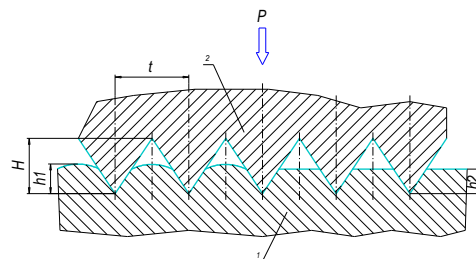


Рис.1. Схема процесса деформирования

Прокатный стан для осуществления упрочнения рессоры (рис.2) состоит из рабочей клетки 1, с двумя приводными валками, и механизма поджима верхнего валка 2.

Поверхность бочки валка образована кольцеобразными или резьбовыми выступами и впадинами регулярного профиля. Инструмент может быть изготовлен в нескольких исполнениях.

В первом исполнении периодические выступы и впадины выполняются в виде многозаходной резьбы с различным шагом t_1 и t_2 и высотой h (рис.3). Во втором исполнении выступы и впадины образованы однозаходной резьбой с шагом $t_1=t_2=t$ с углом α равным 60° и высотой h . В третьем исполнении – в виде кольцевых выступов и впадин с шагом $t_1=t_2=t$, углом $\alpha=60^\circ$ и высотой h .

Полосчато-деформированную структуру выполняют на вогнутой стороне рессоры, так как она наиболее подвержена действию растягивающих напряжений, и во втором исполнении – на обеих сторонах. Чередующиеся впадины и выступы располагаются на поверхности с шагом t вдоль рессорных листов. Глубина деформирования h_1, h_2 колеблется в пределах 0,4-0,6 мм.

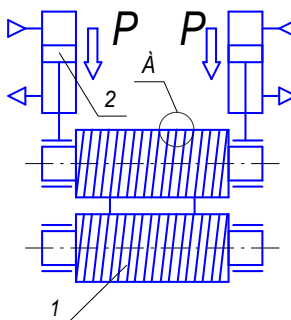


Рис.2. Схема стана для поверхностного упрочнения рессорных листов

Направленная ориентация поверхностно-деформированных канавок образует полосчатую структуру (аналогично армирующим волокнам), которые обладают высокими механическими свойствами.

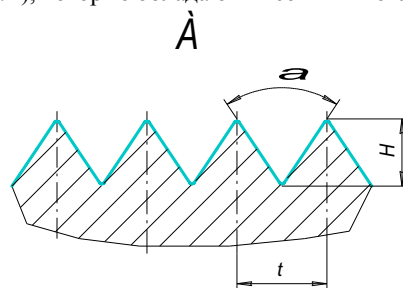


Рис.3. Профиль зуба на инструменте

В результате такой обработки с плоских поверхностей рессорного листа удаляется окалина. Поверхностно упрочненные канавки также являются препятствиями для лавинообразного распространения трещин по всей ширине рессорного листа.

В таблице 1 приведены результаты сравнительных испытаний на циклическую прочность.

Таблица 1

Способы упрочнения	Номер испытанного образца					Среднее
	1	2	3	4	5	
Без поверхностного упрочнения	10678	11528	11332	11064	11176	11022
Обработка дробью	13347	14410	14166	13830	13970	13778
Упрочнение	18200	18470	17670	18017	17555	17893

Результаты испытаний показали, что прочность после использования новой технологии увеличивается на 30 % по сравнению с базовой дробеструйной обработкой.

Студенты гр. 104426 Киринович И.М., Кубарьков Д.Л.
 Научный руководитель – Иваницкий Д.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Режущие ножи являются основным элементом зерно- и кормоуборочной техники. Поскольку они являются самыми быстроизнашивающимися деталями, влияющими на надежность работы, обеспечение косилок режущими аппаратами высокого качества является одной из актуальных проблем. Основным режущим элементом ротационной косилки являются ножи, представляющие собой пластины прямоугольного сечения из стали 60С2 толщиной 4мм и размером 45x106 и 42x116мм (рис.1) с режущими лезвиями на боковых сторонах.

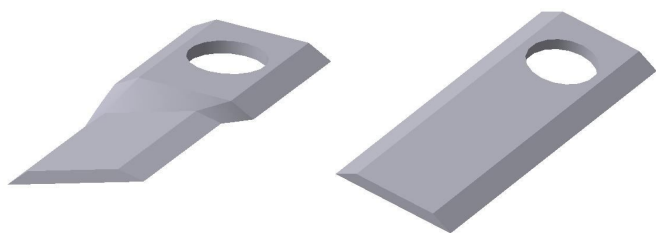


Рис.1. Внешний вид режущих ножей

На основании результатов теоретических исследований была разработана конструкция режущего ножа. При угле наклона режущих лезвий к направлению движения сегмента $\varphi = 20^{\circ}-45^{\circ}$ выполняется условие врезания, а также происходит наибольшее заострение кромки.

При теоретическом анализе формообразования наклонных боковых граней в листовом материале будем рассматривать как процесс заполнения конической впадины деформирующего инструмента металлом. Приближенная схема решения основана на усреднении напряжений в сечениях деформируемого листа и принятии упрощенного уравнения пластичности. При штамповке кромка заготовки поворачивается относительно нижней плиты, занимая положение, при котором очаг деформации становится симметричным (рис.2). В силу этого оси координат будут повернуты относительно первоначального положения на угол $\varphi_1 = \varphi/2 + (\varphi - (\varphi/2))/2 = 3\varphi/4$. Выделим в очаге деформации бесконечно малый элемент единичной ширины длиной dx , удаленный от начала координат на расстояние x . Составим уравнение равновесия этого элемента

$$-(\sigma_x + d\sigma_x)(h_x + dh_x) + \sigma_x h_x + 2p_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \sin(\varphi_1) - 2fp_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \cos(\varphi_1) = 0.$$

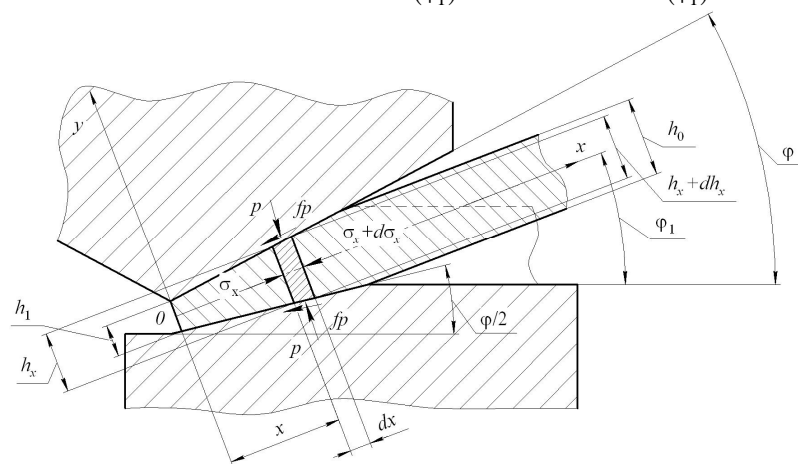


Рис.2. Схема формообразования при штамповке заготовки

Будем считать деформацию в зоне затекания металла в зазор двумерной, поскольку вытяжка вдоль листа практически отсутствует. Далее принимаем, что главные оси напряжений в рассматриваемом элементе соответствуют вертикальным и горизонтальным осям. Тогда можно записать условие пластичности

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \sigma_T. \quad (1)$$

Введем обозначение $\delta = f / \operatorname{tg}(3\varphi/4)$ и произведем преобразования

$$p_y = \delta / \beta \sigma_T \left[(\delta - 1) (h_0 / h_x)^\delta + 1 \right]. \quad (2)$$

Анализ уравнения показывает, что с уменьшением h_x напряжение p_y возрастает.

Для определения усилия деформирования, приходящегося на единицу длины очага деформации в произвольном сечении очага деформации, выражение (2) необходимо проинтегрировать в пределах изменения самой функции

$$P_{\text{ед}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh = \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\}, \quad (3)$$

Для определения полного усилия деформирования умножим выражение (3) на длину очага деформации l

$$P_{\text{п}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh \cdot l = \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\} \cdot l. \quad (4)$$

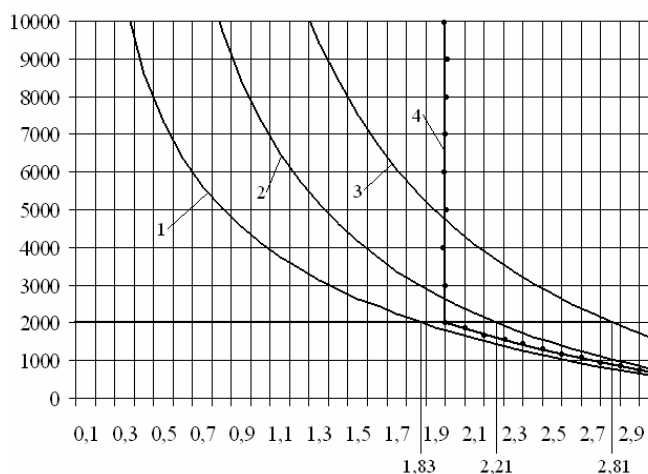


Рисунок 3 – График зависимости полного усилия $P_{\text{полн.}}$ от толщины кромки h_1 при разных δ (1 – теоретическая ($\delta < 1, f = 0,25$); 2 – теоретическая ($\delta = 1, f = 0,4$); 3 – теоретическая ($\delta > 1, f = 0,45$); 4 – экспериментальная)

На основе формулы (4) были проведены теоретические расчеты, а на основе экспериментальных исследований процесса формообразования граней получены опытные данные. По результатам исследований построены зависимости полного усилия штамповки от толщины кромки (рис.3) при следующих значениях параметров: исходная толщина прямоугольной пластины $h_0 = 4$ мм; угол наклона деформирующей части инструмента к горизонтальной плоскости $\varphi = 28^\circ$; длина режущей грани ножа $l = 106$ мм; коэффициент контактного трения «сталь по стали» $f = 0,25; 0,4; 0,45$; параметр Лоде $\beta = 1,15$. Экспериментальные исследования проводили на заготовках толщиной 4 мм на лабораторном гидравлическом прессе П-200 усилием 2000 кН.

Формообразование режущих лезвий ножей ротационных косилок пластическим деформированием повышает их стойкость в 1,5-2 раза за счет наличия заусенца, который исключает при термообработке интенсивное окисление и обезуглероживание режущих лезвий. Это обеспечивает возможность выполнения 3-, 4-кратной переточки ножей, что исключено при их фрезеровании. Данные преимущества обеспечат экономию дорогостоящей стали 60С2.

Компьютерное моделирование процесса гибки трубной заготовки

Студенты гр.104416 Панковец А.А., Станкевич А.С.
 Научный руководитель – Кудин М.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Для исследования деформационных характеристик процесса гибки трубных заготовок произвели анализ с использованием компьютерного программного обеспечения. Расчеты ведутся с применением метода конечных элементов, заключающийся в замене исходной пространственной конструкции сложной формы на дискретную математическую модель, отражающую физическую сущность и свойства исходного изделия. Важнейшим элементом этой модели является, конечно-элементная дискретизация изделия т.е. построение совокупности элементарных объёмов заданной формы объединённых в единую систему. Алгоритм анализа процесса гибки трубной заготовки приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм моделирования процесса гибки

На созданную трехмерную твердотельную модель трубной заготовки наносится тетраэдральная сетка конечных элементов, приведенная на рисунке 2а. Конечные элементы, аппроксимирующие исходную заготовку, считаются связанными между собой в граничных точках - узлах, в каждом из которых вводится по три поступательных степени свободы. Действующие на конструкцию внешние нагрузки приводятся к эквивалентным силам, прикладываемым в узлах конечных элементов. Ограничения на перемещение конструкции (закрепления) также переносятся на конечные элементы, которыми моделируется исходный объект. Поскольку каждый конечный элемент имеет заранее определенную форму и известны его геометрические характеристики и характеристики материала, для каждого конечного элемента можно записать систему линейных алгебраических уравнений, определяющих смещение узлов под действием приложенных в эти узлы сил.

Записывая систему уравнений для каждого конечного элемента, аппроксимирующего исходную физическую систему, рассматриваем их совместно и получаем систему уравнений для полной конструкции. Порядок этой системы уравнений равен произведению количества подвижных узлов конструкции на число введенных степеней свободы в одном узле.

В качестве граничных условий выступают закрепления по краям заготовки и приложения нагрузки на верхнюю часть трубы.

В процессе моделирования приложения нагрузки к трубной заготовке получены три модели:

1. возникающие напряжения в заготовке (рисунок 2,в), вычисляемые из компонентов тензора напряжения,

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ - напряжения сжатия по осям X, Y, Z;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ - касательные напряжения между осями X, Y, Z;

2. оценка запаса прочности (рисунок 2,б), позволяет оценить отношение рассчитанных напряжений к допускаемому напряжению;

3. значение абсолютных перемещений модели в узлах (рисунок 2,г), определяемое для каждого узла по формуле:

$$\text{Модуль перемещения} = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

где x, y, z – компоненты вектора перемещений i -го узла конечно-элементной сетки.

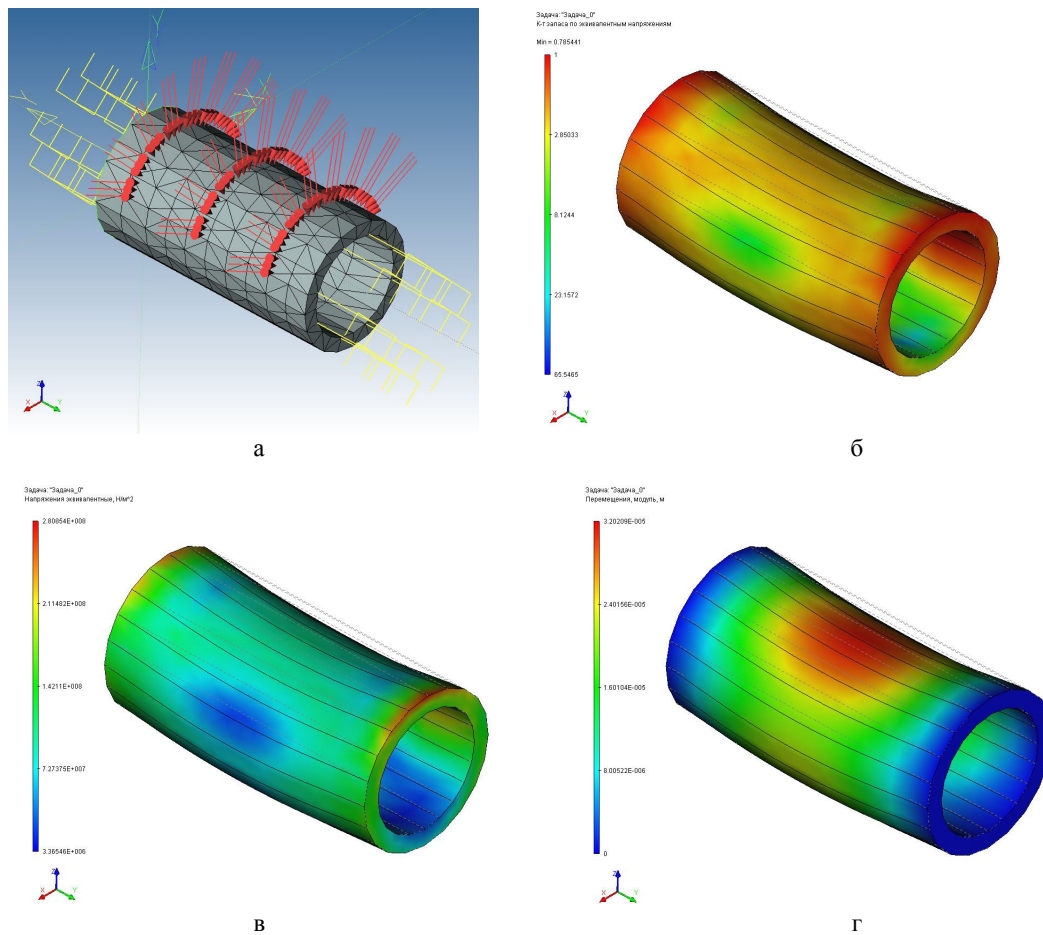


Рисунок 2 – Моделирование процесса гибки трубной заготовки и его анализ

УДК 621.771

Способ определения жесткости рабочей клетки прокатного стана

Студенты гр.104416 Чернухина А.А., Шиманюк А.С.
 Научный руководитель – Кудин М.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Эксперименты продольной прокатки в гладких валках проводили с клиновыми образцами шириной 32; 84 и 174 мм. Точки измерения толщин клина фиксировали нанесением параллельных рисок с последующим заполнением их маркерной пастой. Методом пробных проходов стан настраивали на прокатку за один проход нагретой до 160 °С полосы цинка шириной 32 мм с толщины 15 мм до 9 мм. Затем при неизменных растворе валков, частоте вращения валков и условий смазки задавая острым концом в валки прокатывали клиновые образцы цинка.

По результатам проведенных экспериментов и расчетов по построены графики зависимости $\alpha(H)$, $l_d(H)$, $P(H)$, изображенные на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что угол захвата не линейно возрастает с увеличением толщины исходного образца H , а l_d – в свою очередь так же не линейная функция ($\sin\alpha$) угла захвата. Следовательно, рост усилия на валки с увеличением обжатия, не линеен.

Проведенные эксперименты прокатки клиновых образцов в валках показали зависимость колебания зазора между валками от усилий на валки (рисунок 2). Из рисунка 2 видно, что с увеличением усилий на валки интенсивность приращения толщины проката уменьшается до значения, близкого к линейному.

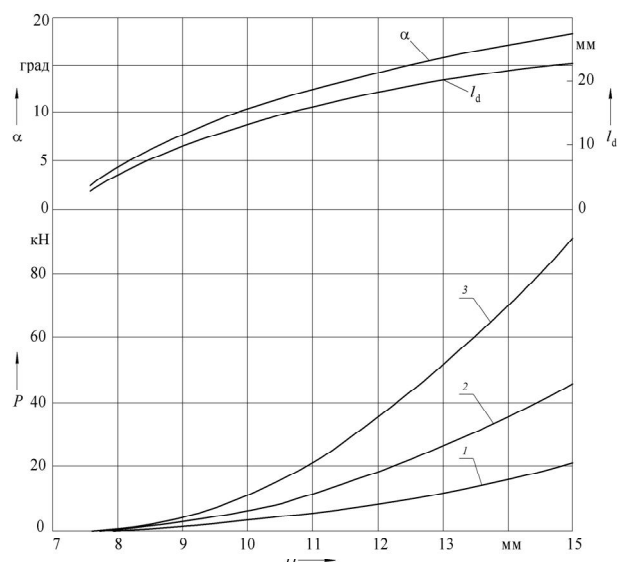


Рисунок 1 - Зависимости угла захвата α , проекции дуги захвата на направление прокатки l_d и усилий на валки P от переменных толщин образцов H_i шириной B , мм:
1 – 32; 2 – 84; 3 – 178. ($\alpha; l_d = f(H_i)$ при $B = 32$ мм)

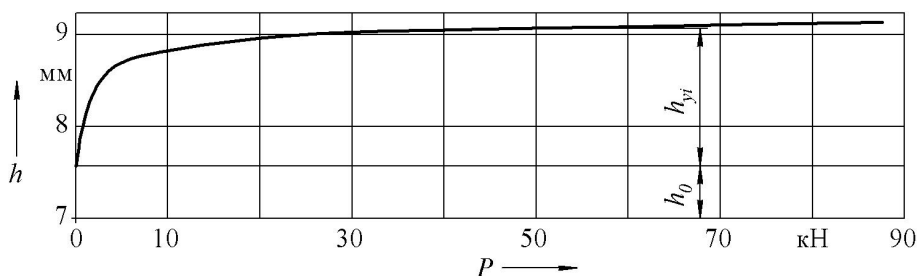


Рисунок 2 - Зависимость толщины проката от действующих на валки сил

Близкое к линейному изменению толщины проката в функции толщины исходной заготовки и действующих усилий на валки, как показывают результаты приведенных экспериментов, наблюдаются при значительных, превышающих 30...32 кН усилиях. С уменьшением этих усилий и обжатий изменение толщины h_y с нарастающей интенсивностью увеличивается. Это свидетельствует о том, что жесткость рабочей клетки используемого прокатного стана – величина переменная. Это может быть объяснено большим числом воспринимающих нагрузку ее деталей и сопрягаемых между ними поверхностей, имеющих нелинейную зависимость упругой деформации от напряжений. Рабочая клетка используемого для проведения экспериментов прокатного стана имеет винтовой нажимной механизм и станины хотя и закрытого типа, но с достаточно высокими стойками. Замкнутая упруго-пластическая технологическая система: «прокатываемая заготовка (пластически деформируемый образец) – рабочая клетка – заготовка», состоит из следующих сопрягаемых элементов, воспринимающих и передающих технологическое усилие P : образец – валок – вкладыш подшипника (бронза) – опорная подушка – нажимной винт – гайка – корпус механизма привода вращения винта – станина – подушка нижнего валка – валок – образец. Девять деталей разной жесткости с разными модулями упругости и восемь сопряжений с нелинейной жесткостью обусловили сложную зависимость игры валков прокатного стана h_y от неизбежно переменных входных параметров процесса прокатки литых толстолистовых заготовок с относительно не высокой стабильностью размеров (толщины) и свойств (предел текучести).

Нелинейное, интенсивное изменение толщины прокатанной полосы в функции ее обжатия, а следовательно, и усилий на валки, обусловлено в первой области непостоянством жесткости рабочей клетки прокатного стана, состоящей из большого числа находящихся под технологической нагрузкой имеющих разную жесткость деталей и сопрягаемых поверхностей. Очевидно, в связи с этим, нецелесообразно проводить прокатку в силовом режиме, соответствующим первой области: разнотолщинность исходной заготовки и отклонение от номинальной ее температуры, а следовательно и сопротивление деформации, обуславливают значительную, трудно предсказуемую в условиях не постоянной жесткости рабочей клетки разнотолщинность прокатанной полосы.

Коэффициент жесткости рабочей клетки определим по результатам экспериментов (рисунок 2), воспользовавшись формулой отношения конечных приращений (Коши)

$$J = (P_1 - P_2)/(h_1 - h_2) = \Delta P / \Delta h,$$

де Δh и ΔP – разность толщин прокатанных при $h_0 = \text{const}$ заготовок и соответствующих им усилий на валки.

УДК 621.73.04

Влияние анизотропии на толщину стенки стакана при вытяжке

Студенты гр. 104426 Алексеев П.В., Сущенко В.Ю.
 Научный руководитель – Логачев М.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является изучение влияния анизотропии на толщину стенки стакана при вытяжке. При вытяжке стаканов из листовых материалов с изотропными свойствами происходит утолщение стенки стакана по образующей, достигающее обычно на крае стакана 25-35 % исходной толщины. При вытяжке анизотропных материалов в связи с фестонообразованием толщина стенки изменяется не только по образующей стакана, но и по его периметру, причем в большей степени по впадине и в меньшей по фестону. Очевидно, в этом случае получающаяся разнотолщинность стенки по образующей и периметру характеризует качество и точность вытянутого стакана.

Рассмотрим результаты экспериментального исследования изменения толщины стенки стакана на первой операции вытяжки из материалов, имеющих различную степень исходной анизотропии. При этом вытяжка обеспечивала свободное изменение толщины вытягиваемой заготовки (без утонения стенки). Первоначальная толщина заготовки s_0 устанавливалась средней по шестнадцати замерам вдоль диаметральных рисков, нанесенных под углами $0^\circ, 22^\circ 30', 45^\circ, 67^\circ 30', 90^\circ$ относительно направления прокатки.

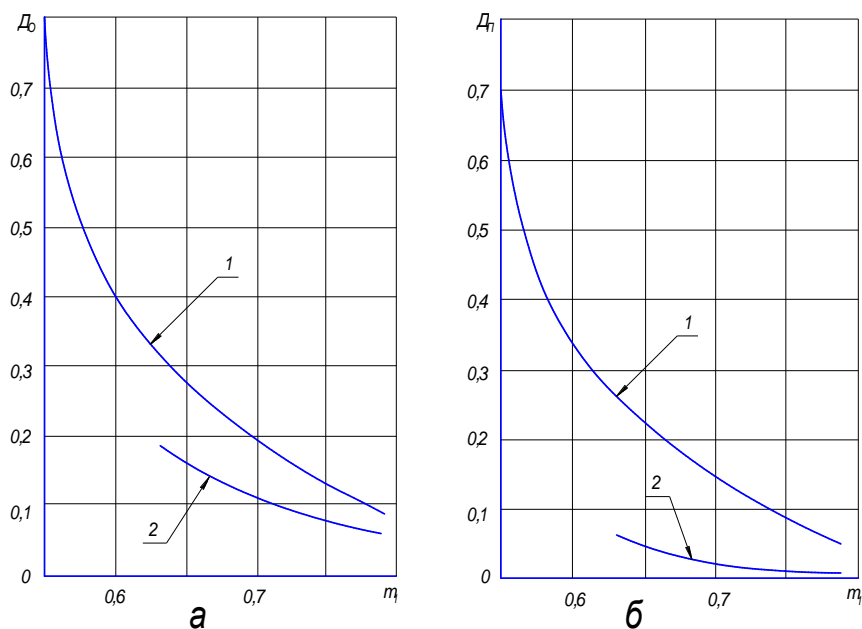


Рисунок – Зависимость максимальной степени изменения толщины стенки по образующей (а) и периметру (б) от коэффициента вытяжки за одну операцию:
 1 – сплав АМцАМ; 2 – сталь 08кп

Толщина стенок вытянутых стаканов изменялась по образующим вдоль осей фестонов и впадин, причем толщина стенки в каждом месте принималась средней по восьми замерам двух стаканов в равнозначных точках.

Максимальную степень изменения толщины стенки по образующей (во впадине) D_0 и периметру D_n определяли по формулам

$$D_o = \frac{(s_{\max}^e - s_{\min}^e)}{s_o} \quad (1)$$

$$D_{II} = \frac{(s_{\max}^e - s_{\max}^{\phi})}{s_o} \quad (2)$$

где s_{\max}^e и s_{\min}^e — максимальная (у края стакана) и минимальная (у радиуса перехода стенки в дно) толщины по впадине вдоль образующей; s_{\max}^{ϕ} — максимальная толщина стенки по флестону, измеряемая на той же высоте, что и толщина s_{\max}^e .

Проведенные экспериментальные исследования показали, что D_o и D_{II} увеличиваются с уменьшением коэффициента вытяжки, причем параметр D_o не находится в прямой зависимости от степени исходной анизотропии материала. Кривая 2 находится ниже кривой 1, хотя λ_r стали 08кп значительно больше и равен 0,708.

УДК 621.762.4

Прессование тонких пластин из трудноформуемых порошковых материалов

Студенты гр. 104416 Белый А.Н., Басалай П.П.

Научный руководитель – Любимов В.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Плохая компактируемость металлокерамических порошковых материалов в ряде случаев не позволяет изготавливать из них изделия традиционными способами прессования в жестких контейнерах. Особые сложности возникают при прессовании тонких пластин большого диаметра. Спрессованные изделия получаются непрочными и при выпрессовке из контейнера разрушаются. Объясняется это следующим. При прессовании поверхностный слой частиц порошка, воспринимая давление от пуансона, передает его всему объему порошка. Из-за подвижности частиц порошка по горизонтали создается боковое давление, действующее также и на стенки контейнера. Под действием бокового давления размеры контейнера упруго увеличиваются. В заключительный момент прессования диаметр уплотненной порошковой заготовки соответствует внутреннему диаметру контейнера. После снятия усилия прессования размеры контейнера стремятся вернуться к исходным значениям. В результате заготовка оказывается зажатай стенками контейнера. Действие радиального давления на заготовку в случае ее низкой прочности приводит к возникновению трещин, сколов и расслоений.

Для изготовления тонких пластин из металлокерамических и других трудноформуемых порошковых материалов предложен способ прессования в упруго деформируемом контейнере. Перед прессованием или в процессе прессования контейнер подвергается действию равномерного радиального давления, под действием которого рабочий канал контейнера упруго уменьшается. После снятия усилия прессования и радиального давления на контейнер последний восстанавливает свои первоначальные размеры и между контейнером и изделием образуется зазор, исключающий силовое воздействие на боковую поверхность изделия и позволяющий легко из-влечь его из контейнера.

Предложенная схема прессования была экспериментально опробована при изготовлении пластин диаметром 100 мм и толщиной 5 мм из нитрида титана TiN и керамики $YBa_2Cu_3O_7$.

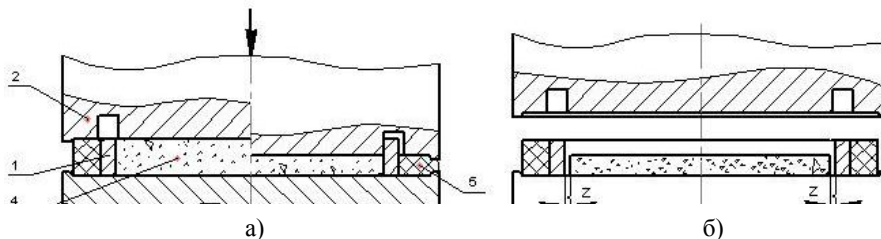


Рисунок 1 – Схема прессования в упруго деформируемом контейнере

Схема процесса приведена на рис. 1. В тонкостенном стальном закаленном контейнере 1 между пуансонами 2 и 3 размещалась порошковая заготовка 4 (рис. 1, а слева от оси симметрии). В процессе прессования контейнер обжимался полиуретановой оболочкой 5, упруго деформировался в радиальном направлении,

создавая радиальное давление на боковую стенку прессуемой порошковой заготовки (рис. 1,а справа от оси симметрии). После прекращения действия деформирующего усилия в результате упругого последствия тонкостенный контейнер восстанавливал свои прежние размеры и между ним и изделием образовывался зазор Z, позволяющий беспрепятственно извлечь изделие (рис.1,б). Полученные изделия не имели повреждений в виде трещин, сколов, расслоений.

УДК 621.961

Чистовая вырубка листовых биметаллов

Студенты гр. 104416 Апанасевич А.С., Кисилевич В.В.
 Научный руководитель – Любимов В.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

В современной технике все более широкое применение получают различные композиционные материалы, к числу которых относятся и биметаллы. Их применение позволяет получать изделия с таким сочетанием свойств, которое не может быть достигнуто при использовании традиционных однокомпонентных материалов. Листовой биметаллический прокат находит все более широкое применение для изготовления двухслойных деталей методами листовой штамповки. Применяемые в производственной практике традиционные технологические процессы отрезки, вырубки и пробивки не обеспечивают требуемого качества изделий из биметаллов: при штамповке мягкий слой биметалла по контуру отделяемой детали или заготовки выдавливается из-под инструмента, поверхность среза сильно искривляется, пластически деформируется и сама деталь, и, кроме того, имеет место расслоение. Это объясняется тем, что процессы разделения биметаллических материалов в штампах имеют существенные особенности по сравнению со штамповкой однослойных листовых материалов.

Начальная стадия процесса вырубки-пробивки листовых биметаллов характеризуется избирательной пластической деформацией мягкого слоя. При этом твердый слой деформируется упруго, исполняя роль жесткой подложки, на которой пластически деформируется мягкий слой. Под действием пуансона мягкий слой подвергается смятию, выдавливается и течет как к зазору, так и от него. Уменьшение предела текучести и увеличение толщины мягкого слоя приводит к увеличению ширины пояска смятия и пластической области со стороны этого слоя. Смятие мягкого слоя у режущих кромок инструмента может превышать 50% от его первоначальной толщины, а ширина пояска смятия – достигать толщины биметалла. При смятии мягкого слоя происходит его упрочнение. Когда сопротивление деформированию обоих слоев в непосредственной близости от режущих кромок инструмента становится одинаковым, начинается вторая стадия разделения – совместная пластическая деформация слоев, которая продолжается до исчерпания пластичности и завершается разделением.

Указанные недостатки приводят к необходимости дополнительной обработки, увеличению расхода материала, ухудшению условий обработки на последующих операциях и росту трудозатрат.

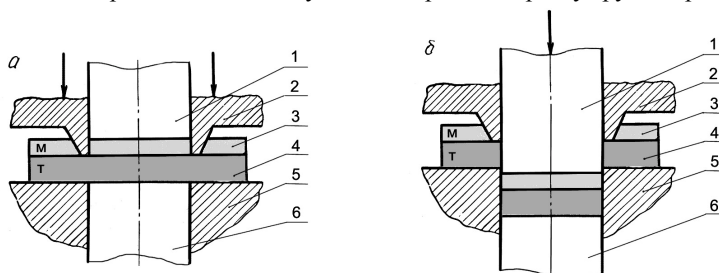


Рисунок 1 – Схема процесса чистовой вырубки биметаллов

Для исключения указанных недостатков предложен способ чистовой вырубки листовых биметаллов, схема которого приведена на рис. 1. На первой стадии процесса вырубки производится разделение мягкого слоя, на второй – твердого. Процесс реализуется путем применения двух соосных матриц 2 и 5, расположенных с разных сторон биметаллической заготовки, пуансона 1 и контрпуансона 6. При этом матрица, расположенная со стороны мягкого слоя, имеет конусный выступ. Процесс осуществляется в две стадии. На первой стадии процесса происходит вдавливание конусного выступа матрицы 2 в мягкий слой 3 двухслойной заготовки до полного его перерезания (рис. 1,а). При этом твердый слой 4 исполняет роль жесткой подложки, на которой с помощью матрицы с конусным выступом происходит разделение мягкого слоя. На второй стадии процесса пуансон 1, расположенный внутри матрицы с конусным выступом, отделяет твердый

слой в матрицу 5. Контрпуансон 6 предотвращает прогиб вырубленной детали и обеспечивает ее удаление из матрицы.

Получаемая данным методом поверхность среза практически не имеет дефектов и близка к идеальной. Важной особенностью процесса является то, что в надлежащий момент времени рабочий ход матрицы с конусным выступом необходимо приостановить (материал остается в зажатом между матрицами положении) и переключить пресс на отделение детали пуансоном. Для реализации указанной последовательности срабатывания рабочих частей штампа необходимы специальные прессы тройного действия. Один ползун прессы приводит в действие матрицу 2 с конусным выступом, второй – пуансон 1, а третий – выталкиватель 6, осуществляющий удаление вырубленной заготовки из плоской матрицы 5.

Для реализации процесса чистовой вырубки биметаллов на универсальном оборудовании была разработана конструкция штампа, обеспечивающая требуемую последовательность движений его рабочих частей при установке на прессах простого действия.

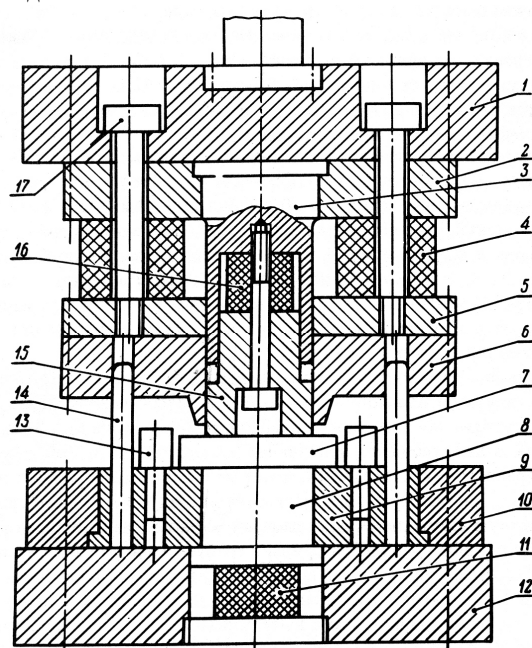


Рисунок 2 – Схема штампа для чистовой вырубки тонколистовых биметаллов

Схема штампа приведена на рисунке. На верхней плите штампа 1 закреплен пуансонодержатель 2 с составным пуансоном, состоящим из подвижного пуансона 15, направляющего стакана 3 и полиуретанового буфера 16. На нижней плите 12 закреплен матрицедержатель 10 с плоской матрицей 9. Матрица с конусным выступом 6 закреплена на подвижном матрицедержателе 5, соединенном через полиуретановый буфер 4 с верхней плитой винтами 17. Направляющие колонки 14 обеспечивают центрирование матриц 6 и 9. Для останова верхней матрицы 6 в требуемом положении в штампе предусмотрены упоры 13. Для удаления вырубленных деталей из нижней матрицы штамп оснащен выталкивателем 8 и полиуретановым буфером 11. Конструкция штампа позволяет осуществлять быструю замену матриц, пуансона, упоров и обеспечивает регулировку усилий полиуретановых буферов.

Штамп работает следующим образом. При опускании верхней плиты 1 заготовка 7 зажимается между выталкивателем 8 и пуансоном 15. По мере опускания верхней плиты пуансон сжимает буфер 16. Когда торцовые поверхности пуансона 15 и конусного выступа верхней матрицы 6 сравняются, начинается вдавливание последнего в мягкий слой биметаллической заготовки. По мере внедрения конусного выступа матрицы 6 усилие сжатия заготовки между пуансоном и выталкивателем возрастает, препятствуя прогибу заготовки. В момент полного разделения мягкого слоя матрица с конусным выступом 6 садится на упоры 13 и останавливается. После этого запячки пуансона 15 упираются в торцовую поверхность направляющего стакана 3, и пуансон путем сдвига разделяет твердый слой биметаллической заготовки, смещая вырубленную деталь в матрицу 9. При обратном ходе деталь удаляется из матрицы выталкивателем 8.

Студенты гр. 104426 Руденя П.В., Врублевский М.Л.
Научный руководитель – Белявин К.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В теории холодного прессования металлических порошков установлено, что их электросопротивление и другие физико-механические свойства в значительной степени определяются контактными явлениями между частицами порошка. В процессе приложения давления подпрессовки изменяются количество, размеры и качество контактов, приводящие к изменению удельного электросопротивления порошка.

Кроме давления подпрессовки значительное влияние на формирование физико-механических свойств изделий оказывает величина последующего давления, прикладываемого к порошку после пропускания электрического импульса. В этом случае возможны три режима приложения этого давления:

- 1) давления равно нулю (после подпрессовки порошка подвижный верхний электрод-пуансон фиксируется с помощью упора);
- 2) давление равно давлению подпрессовки (в течение всего процесса ЭИС порошок находится под давлением, равным давлению подпрессовки);
- 3) давление больше давления подпрессовки (в процессе ЭИС с помощью ударнокоммутационного устройства давление увеличивается).

Все проведенные эксперименты осуществлялись при втором режиме приложения давления.

Они позволили установить, что при одних и тех же параметрах электрического импульса, но различных давлениях подпрессовки процесс ЭИС протекает по-разному. В зоне резкого падения удельного электросопротивления при приложении давления менее 10 МПа пропускание электрического импульса приводит к образованию токового канала и расплавлению порошка в месте прохождения тока.

Для изучения распределения плотности порошка по высоте пресс-формы исследовали зависимости удельного электросопротивления порошков от высоты прессования при различных давлениях подпрессовки. Анализ показал, что удельное электросопротивление всех исследуемых порошков с увеличением высоты прессования резко увеличивается и достигает своего максимума в центральной части пресс-формы.

Для изучения влияния давления подпрессовки на процесс ЭИС были исследованы зависимости прочности, пористости, удельного сопротивления, осевой и радиальной усадки экспериментальных образцов. Наибольшая прочность образцов при минимальных значениях пористости получена в диапазоне давлений 10-20 МПа.

Под действием давления в процессе ЭИС происходит усадка порошка в направлении усилия прессования. Усадка зависит от размера частиц порошка и увеличивается с уменьшением их размера. С увеличением давления подпрессовки осевая усадка достигает максимума при давлении 10-20 МПа, а затем начинает понижаться. Это объясняется тем, что при подпрессовке порошка суммарная площадь контактов частиц увеличивается, что приводит к уменьшению удельного электросопротивления. Поэтому при достижении критического значения, которому соответствует давление свыше 20 МПа, в зоне контакта не происходит увеличения выделяемой энергии.

На основании проведенных исследований установлено, что допустимый диапазон величины давления подпрессовки, обеспечивающий качественное ЭИС, составляет 10-20 МПа.

Студенты гр.104416 Карнило С.В., Гордиенко Ю.А., Богданчук А.А.
Научный руководитель – Шиманович О.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение и исследование технологии и оборудования для накатывания профильных элементов. Прогрессивные темпы развития мирового машиностроения непрерывно связаны с внедрением в производство новых методов обработки металлов. Одним из путей развития прогрессивной технологии машиностроения является переход на обработку металлов давлением в холодном состоянии вместо обработки резанием. Применение этого метода обработки приводит к значительному повышению производительности труда, повышению точности, улучшению механических свойств и чистоты поверхности обрабатываемых деталей и создает предпосылки для комплексной автоматизации.

Основным оборудованием для накатывания профильных элементов являются автоматы и полуавтоматы двухроликковые профиленакатные. Они предназначены для накатки в холодном состоянии различных профилей, точных метрических, трапециидальных и других резьб, мелко модульных червяков, обкатывания (калибровки) цилиндрических и сферических деталей с целью упрочнения с ручной и автоматизированной подачей заготовок. Применяются как самостоятельные, так и в составе автоматических линий и автоматизированных комплексов. Технология накатывания профильных элементов заключается в следующем: накатываемый профиль на заготовке образуется в результате вдавливания выступов накатных роликов в цилиндрическую заготовку при принудительном одностороннем вращении роликов и радиальном перемещении одного из них под действием силы развиваемой гидроприводом. Заготовка при этом, находясь между роликами, будет вращаться под действием сил трения, возникающих при соприкосновении с ней роликов и возрастающих по мере внедрения профиля роликов в заготовку и образования на ней профиля.

Принятый технологический процесс накатки предопределил наличие в составе автомата двух основных рабочих механизмов: одного для обеспечения вращения роликов с регулируемой скоростью и второго – силового гидропривода, обеспечивающего регулируемое по величине и скорости перемещения правого ролика, а также создающего силу, необходимую для пластической деформации заготовки. Кроме того, в состав автоматов входят электропривод, устройство для опоры деталей в процессе накатки и механизмы для автоматизированной загрузки и выгрузки заготовок из рабочей зоны. Преимуществом данного технологического процесса является то, что он является технологией холодного формообразования, что в свою очередь обеспечивает улучшение механических характеристик: повышение твердости, прочности и пр., экономии материала в связи с отсутствием отходов, а также позволяет сократить время обработки изделия. В силу своей экономичности процесс накатывания широко применяется в автомобильной промышленности, производстве труб, нормалей, гидроаппаратуры, насосов, станкостроения и др.

УДК 539.374:621

Сверхпластическая формовка трубных заготовок с функциональным рельефом

Магистрант гр. 641541/40 Алексеев П.А.
Магистрат гр. 641451/03 Туркин К.А.
Магистрант гр. 641451/03 Семенова Р.О.
Научный руководитель – Панченко Е.В.
Тульский государственный университет
г. Тула

Во многих отраслях машиностроения и авиастроения находят широкое применение оболочки замкнутого поперечного сечения, имеющие функциональный рельеф. К ним относятся трубчатые изделия, имеющие поперечные и продольные рифты, гофры постоянного и переменного сечения и др.

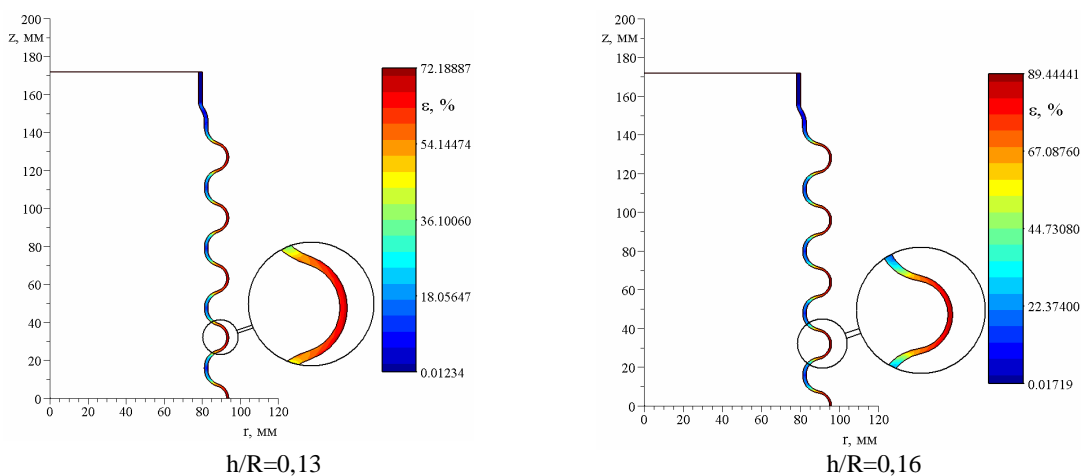
В ряде случаев эти оболочки должны быть изготовлены из высокопрочных труднодеформируемых сплавов (ВТЗ–1, ВТ6с, АМг6, АМг3 и др.). Применение методов холодного квазистатического деформирования (гидроформовка, штамповка резиной) и высокоскоростной штамповки (магнитно-импульсная и штамповка взрывом), вследствие малого ресурса пластичности, высокоэнергетических потребностей и других трудностей, может оказаться неэффективным, а иногда невозможным. Особенно эта проблема актуальна при получении крупногабаритных оболочек.

Применение сверхпластической формовки позволяет значительно повысить пластические свойства деформируемых сплавов, а также существенно сократить энергозатраты, что позволяет изготавливать детали как средних, так и крупных размеров.

В работе рассматривается процесс сверхпластической формовки поперечно-гофрированной оболочки из трубной заготовки (сплав АМг6). Исследование процесса выполнено теоретическим методом, основанным на методе конечных элементов (МКЭ), основных положениях механики деформируемого твердого тела и реологической модели сверхпластичного материала.

Моделирование исследуемого процесса проводили для оболочек с различными высотами поперечных гофр. Также при конечно-элементном моделировании для каждого случая формовки рассчитывалась программа нагружения, обеспечивающая процесс деформирования заготовок в режиме сверхпластичности. Критерием останова процесса моделирования являлось условие заполнения полости формообразующей матрицы.

На рис. 1 представлены формы, полученные при конечно-элементном моделировании для оболочек с относительными высотами гофр $h/R=0,13$ и $h/R=0,16$ (h – высота гофры; R – радиус впадины гофры).



h/R=0,13 h/R=0,16
 Рисунок 1 – Конечные формы поперечно-гофрированных оболочек

Как видно из рис. 1, при получении гофрированной оболочки с $h/R=0,13$ максимальная накопленная степень деформации (параметр Одквиста) составляет около 72,2 %, при $h/R = 0,16$ – 89,4 %.

На рисунке 2 представлена программа нагружения давлением газовой среды трубной заготовки, которая была сформирована при математическом моделировании исследуемого процесса.

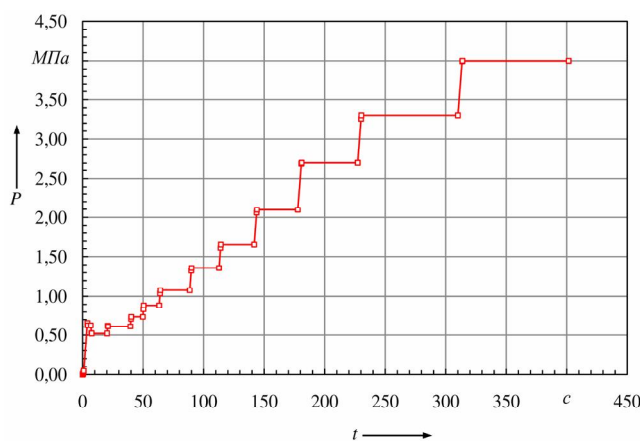


Рисунок 2 – Программа нагружения трубной заготовки при $h/R=0,13$

Из рисунка 2 видно, что для получения детали заданной геометрии время формовки составляет около 7 минут, что характеризует производительность предлагаемого способа изготовления поперечно-гофрированных оболочек.

Таким образом, теоретические исследования процессов сверхпластической формовки поперечно-гофрированных оболочек позволили определить геометрические размеры будущих деталей, технологические параметры процессов формообразования и оценить напряженно-деформированные состояния заготовок при их формоизменении.

Металлургические процессы

**Обоснование экономической целесообразности производства металлургического сырья
на базе железорудных месторождений Республики Беларусь**

Магистрант Кузина М.А.
Научный руководитель – Трусова И. А.
Белорусский государственный университет
г. Минск

Целью настоящей работы является анализ способов производства металлургического сырья на базе железорудных месторождений Республики Беларусь и оценка экономической целесообразности производства.

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что при нынешних темпах производства и потребления железа в ближайшие 50 лет мировые запасы богатых железных руд начнут исчерпываться.

На сегодняшний день крупнейшим потребителем металлолома является БМЗ, объемы производства которого по жидкой стали в 2010 году достигнут 2,8 – 3,0 млн. тонн в год. Это потребует исходного сырья в виде металлолома на уровне 3,0 – 3,25 млн. т/год. В настоящее время основным поставщиком металлолома в нашу страну является Российская Федерация (более 2/3), остальная часть формируется на базе отечественных предприятий. В связи с изложенным и тенденцией роста цен (мировые цены на стальной лом показаны в таблице 1) представляется целесообразным рассмотреть вопросы разработки собственных месторождений железных руд.

Таблица 1 – Мировые цены на лом

Тип металлолома	Цена, \$/т
Средняя цена	298.57 - 323.21
Дробленный лом США (Восточное побережье)	315 - 340
Тяжелый стальной лом HMS1 (FOB Роттердам) - аналог марки 3А	305 - 315
Тяжелый стальной лом HMS1&2 (FOB Роттердам)	300 - 315
Экспорт из СНГ, FOB (Западные порты)	300 - 320
Экспорт из Санкт-Петербурга, франко-вагон	235 - 250
закупочная цена Северсталь, лом 3А, франко-вагон	250 - 280
закупочная цена НЛМК, лом 3А, франко-вагон	250 - 280
закупочная цена ММК, лом 3А, франко-вагон	250 - 285

В Республике Беларусь имеется два месторождения железных руд: Околовское и Новоселковское. На Околовском месторождении сосредоточено около 166 млн тонн балансовой руды. Удельное содержание железа в рудах этого месторождения составляет 24,3%, однако руды являются легко обогащаемыми. По результатам ранее проведенных технологических испытаний доказана возможность получения из этих руд магнетитового концентрата с извлечением железа до 95,2%. Из полученного концентрата изготовлены опытные образцы металлургических окатышей, отвечающие требованиям промышленной технологии БМЗ.

Новоселковское месторождение имеет запасы руды в объеме 175 млн тонн. Это также легко обогащаемые руды, которые, помимо железа (133,6 млн тонн) содержат около 5,7 млн тонн титановых и 205,7 тыс. тонн ванадиевых руд, что свидетельствует о необходимости их комплексного использования.

Использование собственных железных руд Белорусским металлургическим заводом потребует некоторой реконструкции предприятия. Разработка этих месторождений предполагает строительство горно-обогатительного комбината и рудников при уже имеющейся в районе месторождений развитой транспортной инфраструктуре и анализ путей использования исходного сырья.

Обоснование и выбор конструкции печи для обжига извести применительно к РУП БМЗ

Студент гр. 304124 Голышев В.В.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основным направлением в металлургии является сокращение затрат на выплавку стали и повышение качества готовой продукции. Устойчивый рост выпуска продукции требует увеличения производственных мощностей электросталеплавильного производства, но при этом растет потребность в основном

шлакообразующем и рафинирующим материале (свежеобожженной высокорективной извести). Частичная замена извести необожженными материалами (сырым доломитом и известняком) не решает проблемы, так как увеличение их доли и шихте приводит к снижению технико-экономических показателей работы дуговых сталеплавильных печей.

На Белорусском металлургическом заводе для производства извести используется две шахтные печи с годовым производством 52 000 и 40 000 т, которые обеспечивают выпуск около 2 090 000 т стали в год в двух электросталеплавильных цехах, при среднем фактическом расходе 44 кг на 1 т выплавляемой стали. Этого объема для потребности ЭСПЦ-1,2 не хватает, так как норма составляет 50 кг/т. Поэтому завод восполняет дефицит известняком, доломитом и другими дорогостоящими шлакообразующими материалами, стоимость которых составляет около 400 долларов США за тонну, ежемесячно для восполнения дефицита извести закупается 1000т материала.

Стоимость 1 тонны извести, производимой двумя известково-обжигательными печами, составляет около 190 000 руб., поэтому экономически целесообразно строительство дополнительной печи, которая позволит отказаться от дорогих покупных материалов, обеспечить растущее производство и соответственно увеличить удельный расход извести до 55-60 кг/т стали.

Расчет потребления извести с учетом выплавки 3 000 000 т/год в условиях РУП «БМЗ» (при расходе извести 55кг/т) показан на рисунке 1.

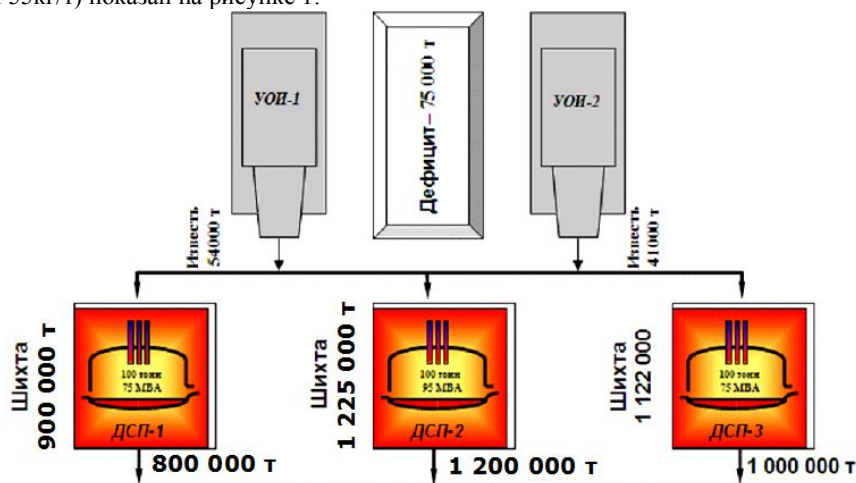


Рисунок 1 – Структура производства стали и извести в условиях электросталеплавильного производства РУП «БМЗ»

Исходными материалами для производства извести являются многие разновидности известково-магнезиальных карбонатных пород (известняки, мел, доломитизированные известняки, доломиты и др.). В состав известняков входят углекислый кальций CaCO_3 , и небольшое количество различных примесей (глина, кварцевый песок, доломит, пирит, гипс и др.).

Теоретически карбонат кальция состоит из 56% CaO и 44% CO_2 . Он встречается в виде двух минералов – кальцита и арагонита.

Обжиг – основная технологическая операция в производстве извести. При этом протекает ряд сложных физико-химических процессов, определяющих качество продукта. Цель обжига – возможно более полное разложение (диссоциация) CaCO_3 и $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, на CaO , MgO и CO_2 и получение высококачественного продукта с оптимальной микроструктурой частичек и их пор.

Для обжига извести в основном применяют шахтные, вращающиеся печи. Используют также установки для обжига извести во взвешенном состоянии, в кипящем слое, на специальных решетках. Выбор типа печи для обжига извести определяется производительностью завода, физико-механическими свойствами и химическим составом известняка, видом топлива и требуемым качеством извести.

Вращающиеся печи для обжига извести позволяют получать мягкообожженную известь высокого качества из известняка и мягких карбонатных пород в виде мелких кусков. Вращающиеся печи допускают возможность полной механизации и автоматизации процесса обжига. Наконец, в них можно применять все виды топлива - пылевидное твердое, жидкое и газообразное. Недостатки вращающихся печей - большой расход металла на 1 т мощности, повышенные капиталовложения и значительный расход электроэнергии. С увеличением длины печей производительность их возрастает, а расход топлива снижается.

Наибольшее распространение получили шахтные печи. Эти печи характеризуются непрерывностью действия, пониженным расходом топлива и электроэнергии, а также простотой в эксплуатации. Строительство их требует относительно небольших капиталовложений.

Имеется два основных типа вертикальных шахтных печей – одношахтные печи с противоточным нагревом и многошахтные печи с параллельнопоточным нагревом.

В зависимости от вида применяемого топлива и способа его сжигания различают шахтные печи, работающие:

– на короткопламенном твёрдом топливе, вводимом обычно в печь вместе с обжигаемым материалом; т.к. известняк и кусковое топливо при этом загружают в шахту перемежающимися слоями, то иногда такой способ обжига называют пересыпным, а сами печи – пересыпными;

– на любом твёрдом топливе, газифицируемом или сжигаемом в выносных потоках, размещаемых непосредственно у печи;

– на жидком топливе;

– на газовом топливе, естественном или искусственном.

Противоточное движение обжигаемого материала и горячих газов в шахтной печи позволяет достаточно полно использовать теплоту отходящих газов на прогрев сырья, а теплоту обожженного материала – на подогрев воздуха, идущего в зону обжига. Поэтому для шахтных печей характерен низкий расход топлива. Расход условного топлива в этих печах составляет примерно 13-16% массы обожженной извести или 3800 - 4700 кДж на 1 кг.

Анализ преимуществ и недостатков различных конструкций печей для обжига извести позволил сделать вывод, что в условиях БМЗ целесообразно эксплуатировать печи шахтного типа из-за низкого расхода топлива, либо использовать сочетание шахтной и вращающейся печей. При этом мелкокусковой фракционированный известняк необходимо обжигать на 80% в шахте с применением кокса и окончательно - во вращающейся печи. Суточная производительность подобной установки может составлять 400 - 500т.

УДК 669

Применение метода двухстадийного углеродного раскисления легированных сталей с целью управления составом и количеством неметаллических включений

Студент гр. 304124 Гольшев В.В.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Одной из основных проблем при производстве стали является выбор оптимальной технологии внепечной обработки с целью минимизации загрязненности стали неметаллическими включениями, а также исключения дефектов макроструктуры заготовок.

Оксидные неметаллические включения в среднеуглеродистых легированных марках стали по своей природе условно можно разделить на два основных типа:

- шлаковые включения, близкие по своему составу к печному шлаку $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$;
- продукты реакций раскисления $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$, CaO-MnO-SiO_2 .

Хорошо деформируемые при температурах горячей прокатки включения оказывают наименее вредное воздействие на свойства стали, что связано с их пластичностью при температурах деформации металла и более прочной связью с металлической матрицей. Содержание Al_2O_3 во включениях в значительной мере определяет склонность включений к деформации и не должно превышать 15 – 20 %. Это хорошо согласуется с областями тройных легкоплавких эвтектик на шлаковых диаграммах состояния $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$. Составы деформируемых включений, отличающихся невысокими температурами плавления, лежат вблизи области эвтектики между анортитом и псевдоволластонитом на диаграмме $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, спессартитом для диаграммы $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$, и волластонитом на диаграмме CaO-MnO-SiO_2 . Согласно тройным диаграммам данные неметаллические включения имеют различную температуру плавления - от 1380 до 2050 °С. Включения данного состава при нагреве металла в методической печи не расплавляются, а в результате прокатки заготовки подвергаются разрушению и вытягиваются в направлении проката. Такие включения представляют большую опасность, так как они служат местом концентрации напряжений и способствуют разрушению изделий.

С целью управления составом и количеством неметаллических включений эндогенного характера предложена технология предварительного двухстадийного углеродного раскисления металла на выпуске применительно к легированным сталям. Данный метод раскисления сводит до минимума количество включений, являющихся продуктами раскисления данной стали. Принцип данной технологии заключается в проведении процесса раскисления стали на выпуске с использованием в первую очередь углеродосодержащих материалов.

Выпуск металла из дуговых сталеплавильных печей при выплавке легированных марок стали осуществляется при содержании углерода менее 0,12 %. Перед выпуском плавки на дно стальной ковша присаживается науглераживатель (коксовая мелочь или науглераживатель типа «С») в количестве от 60 до 150 кг. Подача алюминия производится под струю, после наполнения ковша 35–40 тоннами металла, в количестве 12–28 кг. Выпуск металла из дуговой печи производится с температурой 1600 – 1660 °С, при которой достигается наибольший эффект раскисления. В процессе выпуска и после наполнения 1/3 ковша металлом присаживают порцию шлакообразующих, раскисляющих и легирующих материалов. В конечном итоге активность кислорода в стали 40Х перед разливкой составит $a[O] = 15 - 20$ ppm.

Применение предварительного раскисления коксом способствует снижению угара раскислителей и легирующих добавок. Так, если угар марганца при обычной технологии достигает 30 %, а угар кремния – 32 %, то при предварительном раскислении коксом эта величина снизится до 20 – 22 % для марганца и до 14 – 20 % для кремния. Кроме этого, предварительное углеродное раскисление стали обеспечивает выравнивание окисленности металла по всему объему, уменьшение окисленности металла и шлака, снижение угара раскислителей и количества неметаллических включений в стали, и, как следствие, повышение пластичности. В результате применения данной технологии содержание оксидных включений снижается с 3,5 – 5 до 1,5 – 2 баллов, одновременно со снижением количества неметаллических включений (до 30%) наблюдается уменьшение содержания в стали газов.

УДК 669

Оптимизация состава шихты для качественных марок стали, выплавляемых в дуговых сталеплавильных печах

Магистрант Ведыбеда Д.В.
Научный руководитель Трусова И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время основным сырьём для производства стали на БМЗ является металлолом, около 70–80 % которого закупается в России, а остальное составляет внутренний металлолом Республики Беларусь и возврат собственного производства. Металлолом железнодорожным транспортом поступает в копровый цех БМЗ, где осуществляется его разгрузка, сортировка и загрузка в завалочные корзины магнитно-грейферными кранами мостового типа. Для переработки крупногабаритного лома используют гидравлические пресс-ножницы и посты газовой резки. Переработанный лом отгружают в корзины, которые подвозятся на весовые станды, а затем после загрузки транспортируется в электросталеплавильные цеха. Закупочные цены на металлолом и другие шихтовые материалы растут, что ведёт к увеличению себестоимости выпускаемой продукции, и как итог, увеличению её цены, что является негативным фактором для реализации продукции. В связи с изложенным возникает необходимость подбора оптимальной шихтовки для качественных марок сталей, чтобы снизить количество незаказных плавков и уменьшить стоимость шихты, из которой данные марки сталей производятся.

В результате выполнения работы проведен всесторонний анализ существующих видов шихтовых материалов на примере производства качественной марки стали Fe360-1 в условиях РУП «БМЗ». Разработана модель в интегрированной среде MS Excel, включающая расчёты материального и теплового балансов.

На первом этапе обработаны 9 плавков с характерными шихтовками, причем химический состав материалов был взят либо усреднённым, либо с явно завышенными показателями, что позволило определить степень риска использования того или иного вида шихты для плавки данной марки стали.

Также учтены ферросплавы, используемые в производстве на РУП «БМЗ», расходы по кислороду и природному газу для ДСП-3, химический состав извести и иных добавочных материалов, расход электроэнергии и другие показатели для выбранной марки стали, чтобы как можно максимально приблизить результаты расчёта к производственным показателям.

При определении оптимальной шихтовки для данной марки стали принимался во внимание комплекс как экономических, так и технологических показателей: расход электроэнергии, расход природного газа и технического кислорода, количество образующегося шлака и отходящих печных газов, количество затраченной извести и ферросплавов, стоимость шихты, теплонагрузка на сталеплавильный агрегат, суточная производительность печи. В итоге выполнения работ составлена сводная стоимость всех затрат для выплавки по каждому варианту шихтовки.

На последующем этапе с использованием методов теории оптимального управления предполагается выбор оптимального состава металлошихты по комплексному показателю, который обеспечивает минимальные затраты при требуемом качестве стали.

Необходимо отметить, что разработанная модель может быть использована для оптимизации шихтовки при выплавке стали в дуговых сталеплавильных агрегатах любой емкости с целью совершенствования технологии выплавки в условиях действующего производства, а также в учебном процессе.

УДК 669

Влияние технологии нагрева металла в газопламенных печах на окалинообразование

Магистрант Юрчак А.Н.

Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Окисление металла в печи во многом определяет стоимость операции нагрева, поэтому разработка режимов нагрева металла с минимальным окалинообразованием является одной из наиболее актуальных задач поиска экономичных режимов тепловой обработки слитков и заготовок в металлургическом и машиностроительном производствах.

В общем случае угар металла пропорционален постоянной окалинообразования, зависящей от марки стали, химического состава атмосферы печи и температуры, а также квадратному корню из времени нагрева.

Помимо количественных характеристик окалины необходимо отметить такие ее свойства как прочность связи с металлом. При избытке топлива окалины образуется меньше, но она более плотная и характеризуется большей силой сцепления с металлом. При избытке воздуха окалина характеризуется более толстым слоем, который имеет малую связь с подложкой и вследствие разрыхления легко отделяется от металла. Следует отметить, что в сталях содержащих никель, окалина более плотная.

Результаты испытаний на растяжение образцов, нагретых в печи, отапливаемой природным газом, показали, что усилие отрыва окалины от образца на легированной стали (15..33 кг) в два раза больше чем на углеродистой стали (8..18) [1].

При малоокислительном нагреве стали в печах наиболее часто используются режимы нагрева, в которых защитная среда образуется за счет сжигания газа с недостатком воздуха.

Влияние коэффициента избытка воздуха на окалинообразование при сжигании природного газа было исследовано в работе [2]. Для исследований выбраны три марки стали: углеродистая - Ст3 с легко отделяющейся окалиной и хромоникельмедистые - 10ХН2МД и 10ХН4МД с «прилипающей» окалиной. Режим нагрева заключался в посадке образцов в печь с температурой 600..700 °С, нагреве их до температуры 1200 °С и выдержке при этой температуре в течение 6 часов с дальнейшим охлаждением на воздухе.

В ходе исследований была оценена глубина окисления металла по высоте неокисленной площадки над свободно окисляемой поверхностью. Анализ результатов показал, что при $\alpha = 1,25$ наблюдается максимум окисления для хромоникелевой стали. Для углеродистой стали максимальное окисление (угар) наблюдается при $\alpha = 1,05$, а при $\alpha = 1,25$ и $\alpha = 1,45$ оно уменьшается.

Результаты исследований по влиянию коэффициента избытка воздуха на прочность сцепления окалины с металлом, находящимся при высокой температуре, показывают следующее:

- на углеродистой стали окалина не сохраняется при любых значениях α ;
- при $\alpha = 1,45$ толщина сохранившейся окалины минимальна для хромоникельмедистой стали (0,05 мм), тогда как при $\alpha = 1,05$ она максимальна (2мм);
- толщина сохранившейся окалины на стали 10ХН2МД при $\alpha = 1,45$ для условий нагрева в газопламенной печи меньше чем в электрической печи, а при малых значениях α (1,05; 1,25) больше, чем в электрической печи.

Повышение коэффициента избытка воздуха более 1,45 приводит к дальнейшему уменьшению окалинообразования, о чем свидетельствуют данные, приведенные в работе [3]. По результатам исследований угара для стали 10 при коэффициентах избытка воздуха в диапазоне от 0,6 до 4,5, а также в воздушной среде можно сделать однозначный вывод, что достигнуть снижения угара можно как уменьшая коэффициент избытка воздуха, так и увеличивая его по отношению к стехиометрическому соотношению.

С технологической точки зрения данные исследования особенно важны, поскольку часто считается, что герметизация рабочего пространства должна приводить к снижению окалинообразования. Опыт эксплуатации высокотемпературных печей, построенных в последнее время и имеющих возможность изолировать поступление дополнительного воздуха в печь, показывает, что угар при этом во многих случаях не уменьшается. Связано это с тем, что продуктами сгорания природного газа при $\alpha = 1$ являются CO_2 и H_2O , каждый из которых при высоких температурах является более сильным окислителем, чем воздух, состоящий из кислорода и азота. По данным [4] окислительная способность водяного пара почти такая же, как и свободного кислорода и в 2,0...2,5 раза выше окислительной способности диоксида углерода. Содержание 0,1...0,2 % SO_2 почти в два раза увеличивает количество образующейся окалины.

Известно что, для решения проблемы уменьшения окисления металла существует три принципиально отличающихся технологических подхода:

- создание защитной атмосферы и использование радиационных труб;
- создание малоокислительной печной атмосферы путем понижения содержания воздуха в сварочной и томильной зонах (т.е. при высоких температурах металла) и подачи дополнительного количества воздуха в первые зоны печи для дожигания продуктов горения;
- разработка оптимальных температурных режимов работы печи.

Кроме того, необходимо точное соблюдение разработанного температурного режима в процессе эксплуатации, так как локальный перегрев металла и чрезмерная выдержка приводят к потерям металла.

Литература

1. Темлянец Н.В. Повышение качества толстолистового проката на основе применения рациональных режимов нагрева стали в печах и деформационного окалиноудаления: диссертация... кандидата технических наук: 05.16.05, Новокузнецк, 2007
2. Кириллов Ю.А. Комплексное исследование окалинообразования на углеродистых и низколегированных сталях и оптимизация процессов нагрева при горячей пластической деформации: диссертация... кандидата технических наук: 05.02.01, 1998
3. Дистергефт И.М. Новый способ уменьшения угара, обезуглероживания и наводороживания металла при нагреве в пламенных печах // Сталь №1, 2008, С.86-93.
4. Кривандин В.А., Филимонов Ю.П. Теория металлургических процессов, М. 1986. – 361 с.

УДК 669

Использование новых типов горелочных устройств в металлургических нагревательных печах

Магистрант Юрчак А.Н.

Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Нагревательные топливные печи, традиционно работающие на газообразном топливе, являются одним из крупнейших потребителей энергоресурсов. Между тем, цена природного газа растёт теми же темпами, или даже быстрее, чем цена на нефтепродукты. Затраты на потребляемый газ, как часть текущих затрат, вряд ли уменьшатся в будущем и могут существенно возрасти в дальнейшем. Кроме того, в настоящее время возрос интерес к новым конструктивным решениям газосжигающего оборудования, вследствие всё более строгих требований к выбросам в атмосферу. Оба фактора являются причиной для поиска путей существенного снижения потребления энергии в высокотемпературных процессах, и не только в производстве металла как наибольшего энергопотребителя, но и в других отраслях (производство стекла, керамики, в нефтехимической промышленности и др.)

Использование теплоты отходящих продуктов сгорания для подогрева поступающего в горелки воздуха является существенным резервом экономии топлива. Анализ показывает, что при подогреве воздуха в рекуператорах представляется возможным экономить около 40 % топлива, при подогреве воздуха в регенераторах — до 60 %.

Широко применяемые кирпичные регенераторы обеспечивают возвращение в печь с подогретым воздухом около 50% теплоты отходящих продуктов сгорания. Вместе с тем эти регенераторы громоздки, требуют значительных затрат на сооружение и эксплуатацию, а конструкции устройств для сжигания газа с подогретым в кирпичных регенераторах воздухом не обеспечивают качественного сжигания газа и эффективного теплообмена в рабочем пространстве печи.

Применяемые на печах промышленных предприятий Республики Беларусь рекуператоры не решают проблему эффективного использования теплоты отходящих продуктов сгорания. Керамические рекуператоры не обладают достаточной газоплотностью. Однако, за рубежом уже разработаны и проверены в промышленных условиях опытные образцы газоплотных керамических рекуператоров, разработаны конструкции высокоэффективных металлических рекуператоров, обладающих хорошей газоплотностью, с удачным решением вопросов компенсации температурных расширений. Применение специальных сталей обеспечивает срок эксплуатации таких рекуператоров более десяти лет при температуре отходящих продуктов сгорания до 1400 °С.

В последнее время за рубежом в промышленных теплотехнологиях получают широкое распространение регенеративные и рекуперативные горелки, разработка которых является наиболее крупным достижением за более чем столетний период в области использования теплоты высокотемпературных отходящих про-

дуктов сгорания промышленных печей. Такие горелки сочетают в себе теплообменник и горелочное устройство.

Регулирование работой подобных горелок происходит импульсно. При этом отсутствует необходимость в общем для печи рекуператоре или регенераторе и сопутствующих трубопроводах, существенно упрощается система дымоудаления, поскольку не нужны боровы.

Описанная горелочная техника позволяет добиться экономии газа на уровне 25-50% и существенного снижения выбросов вредных веществ. Децентрализованная рекуперация является решением для достижения максимальной производительности, снижения стоимости печного агрегата и уменьшения расходов на обслуживание. При используемом тактовом управлении гибкость, точность и скорость управления, а также однородность распределения тепла существенно лучше в сравнении с обычным методом управления.

Естественно, новые горелочные устройства более сложны и дороги в сравнении с традиционными. Однако, при росте цен на природный газ снижение потребления газа играет главную роль в текущих затратах, что оправдывает несколько большие первоначальные затраты. Окупаемость газогорелочного оборудования существенно зависит от интенсивности производства и находится в диапазоне от одного года до трёх лет.

Инвестиции в новые технологии энергосбережения, разработанные с учётом снижения содержания NOx и выбросов вредных газов, обеспечивают не только уменьшение затрат на топливо и снижение загрязнения окружающей среды, но также повышают производительность и качество продукции.

УДК 669

Изучение влияния добавочных материалов на футеровку основных сталеплавильных агрегатов и энергетическая целесообразность их использования

Студент гр. 304114 Богук П.М.,
ст. мастер УППСиМ РУП «БМЗ» Иванов А.В.
Научный руководитель – Корнеев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основными направлениями развития любого предприятия являются увеличение объемов производства и снижение себестоимости продукции. В условиях РУП «Белорусский металлургический завод» темпы роста производительности ДСП ограничиваются нехваткой основного шлакообразующего материала – извести (CaO). Для решения этой проблемы необходимо либо увеличить производственные мощности известково-обжигательного участка, что повлечет за собой огромные материальные затраты, либо найти более экономичный способ устранения дефицита извести.

Одной из самых проблемных зон в ДСП является район шлакового пояса. Разрушение футеровки в этой зоне требует периодической остановки печи для ее заправки, горячих ремонтов и т.д. Повышение стойкости футеровки ДСП-1,2,3 ЭСПЦ-1,2 осуществляется присадкой материалов, повышающих основность шлака.

В данной работе на основе экспериментально полученных данных проведен анализ эффективности использования в качестве таких материалов доломита сырого металлургического, доломита обожженного металлургического и порошка периклазоуглеродистого огнеупорного лома. В качестве критериев для сравнения приняты: способность того или иного материала выполнять возложенные на него функции и экономическая целесообразность его использования.

1) В связи с нехваткой извести возрастает объём использования магнийсодержащих материалов, в основном доломита сырого металлургического фракции 20 – 40 мм (как постоянно имеющегося в наличии). Присадка доломита сырого металлургического осуществляется в период плавления металлошихты. Доломит, растворяясь в образуемом шлаке, насыщает его оксидом магния, тем самым снижая агрессивное воздействие шлака на футеровку. Основные оксиды в количестве CaO > 50% и MgO > 18%, составляющие ядро указанного материала, позволяют компенсировать снижение удельного расхода извести пропорционально их содержанию. Однако увеличение удельного расхода сырого доломита приводит к росту удельного расхода электроэнергии, а, следовательно, и длительности плавки под током, что объясняется тепловыми потерями ДСП на эндотермические реакции разложения его составляющих ($MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$ и $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$). Присадка доломита сырого металлургического при работе на жидкой ванне, как правило, не осуществляется, так как его использование существенно замедляет конечные процессы в ДСП, а именно нагрев до требуемой технологической температуры.

2) Альтернативой применения сырого доломита является применение доломита обожженного металлургического с содержанием основных оксидов в количестве CaO > 50% и MgO > 28%, обжиг которого был проведён ранее при температуре 1000 – 1100 °С. Использование обожженного доломита, согласно производственным

показателям, приводит к снижению удельного расхода электроэнергии. Использовать обожженный доломит необходимо в течение всей кампании, присаживая по 500 – 700 кг материала на каждую плавку. При этом присадка должна осуществляться при работе ДСП на жидкой ванне, после скачивания насыщенного фосфором шлака.

Учитывая острую нехватку извести, была предпринята попытка замены ее при работе на жидкой ванне обожженным доломитом. Для этого присадка доломита осуществлялась при наведении покровного шлака ДСП на финальном этапе выплавки. Доломит подавался разовой порцией массой около 500 кг. За счет малого фракционного состава, в сравнении с известью, доломит быстро растворялся в шлаке, повышая в нем содержание оксида магния и, тем самым, снижая его агрессивное воздействие на футеровку. Более того, будучи постоянно вспененным с помощью науглераживателя категории «В» (расход 200-250 кг/плавку), шлак экранировал электрические дуги, а при опадании «шлаковой шапки» налипал на стенки ДСП, образуя защитный гарнисаж.

3) При проведении испытаний в качестве материала, повышающего основность шлака, также использовался порошок периклазоуглеродистого огнеупорного лома (производимый непосредственно на РУП «БМЗ») с содержанием основных оксидов в количестве $MgO > 78\%$, $CaO < 2\%$ и $C > 10\%$. Высокое содержание MgO в материале позволяет повысить основность шлака, глерод снижает общее содержание железа в шлаке за счет протекания реакции $FeO + C \rightarrow Fe + CO$, а также способствует поддержанию шлака во вспененном состоянии.

Для сравнения энергетической эффективности использования того или иного материала проанализированы данные (табл. 1).

Таблица 1 – Энергетическая эффективность использования материалов

Средний расход электроэнергии, кВт·ч		
Доломит сырой металлургический	Доломит обожженный металлургический	Порошок периклазоуглеродистого огнеупорного лома
48990,6	46866,7	47234,9

Анализ приведенных данных показал, что наибольшей энергетической эффективностью обладает доломит обожженный металлургический. В случае его отсутствия целесообразно применять порошок периклазоуглеродистого огнеупорного лома. Его показатели по энергосбережению ниже, но имеется весомый аргумент, т.к. порошок в условиях РУП «Белорусский металлургический завод» производится из отходов сталеплавильного производства – лома периклазоуглеродистых огнеупоров. Применение же сырого доломита необходимо свести к минимуму, а в перспективе вообще отказаться от его использования.

УДК 669

Производство песчано-полимерных материалов из отходов полиэтилена и полипропилена РУП «БМЗ»

Студент гр. 304114 Богук П.М.
 Научный руководитель – Корнеев С.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Обеспечение непрерывности производственного процесса связано с объемными поставками на РУП «Белорусский металлургический завод» сырья, материалов, оборудования и т.д. Основной вид упаковки – полиэтилен и полипропилен. После использования упаковка переходит в разряд отходов. С увеличением интенсивности производства количество отходов растет, складирование отходов влечет за собой как экологические налоги, так и потери денежных средств, заключенных в стоимость упаковки.

Суть предлагаемой технологии заключается в производстве песчано-полимерных материалов (ППМ) из отходов полиэтилена, полипропилена и речного песка, при этом основной особенностью является принципиально новый подход к получению пресс-массы. Этот продукт обладает более высокими характеристиками, чем традиционные песчано-цементные изделия.

Оригинальная разработка включает в себя технологические приемы, при которых происходит физико-химическое взаимодействие обоих компонентов при одновременном взаимном влиянии на структуру друг друга. Путем регулирования степени указанного взаимодействия (за счет изменения технологических параметров) получается гамма песчано-полимерных композиционных материалов, свойства которых меняются в широком диапазоне (от свойств, близких к свойствам бетона, до свойств пластических масс).

Технологический процесс производства полимерно-песчаных материалов состоит из следующих стадий: приемка сырья; подготовка песка; измельчение отходов полиэтилена; дозирование компонентов шихты

и загрузка их в экструдер; приготовление пресс-массы в смесителе; загрузка пресс-массы в пресс-форму; горячее прессование изделий; охлаждение изделий под давлением; контроль и отбраковка изделий; упаковка и складирование.

Предлагаемое технологическое оборудование позволяет выпускать следующие виды полимерно-песчаной продукции:

- плоские облицовочные плиты;
- рельефные облицовочные фасадные плиты;
- кровельное покрытие – черепица;
- крышки для телефонных и сточных люков (армированные) и т.д.

Необходимо отметить и то важное обстоятельство, что новая продукция является экологически чистой. В зависимости от применяемой технологической оснастки возможно производство изделий в широком диапазоне размеров и форм, широкой цветовой гаммы. Использование дешевых отходов некондиционного полиэтилена (полипропилена) (или отходов их переработки) позволяет обеспечить низкую себестоимость песчано-полимерных материалов по отношению к себестоимости традиционных изделий. Таким образом, новая технология, по которой предлагается «ноу-хау», относится к разряду экологически чистых и ресурсосберегающих технологий.

УДК 669

Оптимизация технологии нагрева заготовок в нагревательной печи стана 320 на РУП «Белорусский металлургический завод»

Студент гр. 304124 Филенков Е.М.
Научный руководитель – Менделев Д.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На сегодняшний день на РУП «БМЗ» реализация «Программы технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2007-2010 гг» (Постановление Совета Министров Республики Беларусь №1421 от 31.10.2007) предусматривает решение задачи снижения потребления ТЭР на нагревательных печах прокатных станов. Однако методы решения поставленной задачи должны учитывать способы улучшения качества нагреваемого металла.

Одним из важнейших способов решения задачи оптимизации нагрева заготовок в печи стана 320 является совмещение непрерывной разливки с прокаткой и обеспечение одинаковой производительности этих звеньев. В качестве первого шага в создании совмещенных процессов следует рассматривать «горячий посад», т.е. загрузку в печь прокатных станов горячих блюмов (при температуре 700—900°C) сразу после непрерывной разливки, и прямую прокатку (с использованием нагревательной печи для незначительного нагрева) и выравнивания температуры между центром и поверхностью блюмов. В случае модернизации существующих сталеплавильных и прокатных агрегатов (расстояния между которыми 50-100 метров) возможно применение транспортных термоколпаков между методической печью стана 320 и МНЛЗ (для снижения температурных потерь в транспортных линиях). Использование термоколпаков позволит значительно снизить тепловые потери, связанные с остыванием заготовок и позволит увеличить температуру горячего посада до 850 °С. В свою очередь, снижение потребления ТЭР повысит конкурентоспособность арматурного проката в целом за счёт снижения себестоимости продукции.

Еще одним способом в решении задачи оптимизации нагрева заготовок на стане 320 может стать замена существующих горелок. Выбор типа и количества заменяемых горелок представляет собой сложную задачу, включающую в себя моделирование процессов газодинамики и радиационно-конвективного теплообмена внутри печи. Однако в последнее время за рубежом практически во всех промышленно развитых странах получают широкое распространение регенеративные горелки. В работе [1] отмечено, что системы отопления промышленных печей с регенеративными горелками обеспечивают не только сокращение расхода топлива на 60-70%, но и повышают равномерность температуры в рабочем пространстве.

Таким образом, оптимизация существующей технологии нагрева заготовок на стане 320 включает в себя установку термоколпаков в транспортных линиях и замену существующих горелок на регенеративные.

Литература

1. Сезоненко Б.Д., Орлик В.Н., Алексеенко В.В. Повышение эффективности использования природного газа при отоплении промышленных печей регенеративными горелками // Экотехнологии и ресурсосбережение. -1996. - №1. - С. 14-17.

**Порошковые
и композиционные
материалы, покрытия
и сварка**

Магистрант МТФ Белаш Е.В.
Научный руководитель – Снарский А.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является

- Рассмотреть в первую очередь сварные конструкции и объекты, при разработке которых были использованы современные программы, такие как SolidWorks, CosmosExpress, FloWorks.

- Продемонстрировать принятые и потенциально возможные технические решения и собственные разработки на примере некоторых объектов теплоэнергетики.

Современные тенденции развития сварки в машиностроении и строительстве предъявляют новые, повышенные требования не только к сварочным материалам и технологиям, но и к методологии проектирования и качеству проработки элементов сварных конструкций. Поэтому сегодня невозможно обойтись без современных технологий автоматизированного проектирования: использование САПР позволяет еще на этапе рабочего проектирования оценить те или иные конструктивные решения с точки зрения наиболее важных потребительских качеств будущего изделия. В этой статье мы расскажем о том, какие технологии проектирования сварных соединений предлагает SolidWorks и каким образом следует использовать этот функционал, чтобы выполнять работу с минимальными трудозатратами и максимальным качеством. Ниже рассмотрим возможные области применения компьютерного моделирования объектов, включающих в себя различные сварные конструкции.

1. Исследование свойств конструкций и технологических сред.

На этапе разработки нестандартного оборудования, металлических, опорных, сварных конструкций возникает необходимость расчета их на безопасность и работоспособность. Так как инженер несет ответственность за принятые решения, важен анализ конструкции. При помощи современных средств, таких как COSMOS Works, можно рассчитать конструкцию учитывая ряд параметров (свойства материалов, температура, нагрузка, допустимая деформация). По окончании расчета инженеру предоставляется полный отчет с изображениями нагрузок и деформаций на всех участках конструкции, сразу показывается коэффициент прочности и параметры конструкции, которые можно откорректировать (материал, толщина и т.д.). Конструкцию можно проверять и выбирать оптимальный вариант раз за разом, внося коррективы.

При проектировании трубопроводов, резервуаров, сосудов и т.п. следует учитывать особенности процессов происходящих в определенных средах (газах, жидкостях) при определенных условиях (давлении, объема, температуры).

В местах, представляющих сомнения (сложные изгибы, агрессивные среды и т.д.) при помощи анализирующих программ можно без лабораторных исследований смоделировать поведение сред.

2. Подбор, расстановка и совмещение оборудования, конструкций, зданий.

Для проектирования различных технологических систем, металлических конструкций вне зависимости от размеров и назначения, применяются новые методы проектирования для визуализации и проработки всевозможных вариантов и технических решений.

При проектировании больших объектов есть возможность упрощенно изображать в кратчайшие сроки взаимосвязанные элементы, не являющиеся объектом работы данного исполнителя.

Так же в упрощенной форме (без технологических систем, труб, арматуры и т.п.), объект может быть представлен в фотографическом качестве для выработки общих концепций или для наглядного представления.

Оборудование и конструкции могут быть расположены с соблюдением всех размеров и габаритов с учетом норм, ГОСТов и правил. В процессе расстановки видны все ошибки проектирования, которые сразу же исправляются.

Весь комплекс мероприятий может быть проведен с учетом всех условий, таких как соблюдение технологии, существующие металлические конструкции, условия поставщика оборудования, заказчика и т.д.

3. Проектирование рамных и ферменных сварных конструкций.

Рамные и ферменные сварные конструкции находят широкое применение в среднем и тяжелом машиностроении, аэрокосмической промышленности, автомобилестроении, а также в промышленном и гражданском строительстве. Сварные фермы используются в силовых конструкциях подъемно-транспортной техники, башен и мачт, в перекрытиях цехов и ангаров и т.п. Фермы применяют при самых разнообразных нагрузках и, в зависимости от назначения, придают различную конструктивную форму — от легких прутковых конструкций до тяжелых, стержни которых могут компоноваться из нескольких элементов крупных профилей или листов. К примеру, в строительстве наибольшее распространение имеют разрезные балочные фермы как самые простые в изготовлении и монтаже.

Создание сварной конструкции проводится по любому набору плоских или трехмерных эскизов в файле детали. Такой подход позволяет использовать для детального проектирования компоновочные эскизы без сложной прорисовки конструктивно-силовой схемы. Любой профиль определяется параметрами Стандарт (ГОСТ, ISO или ANSI), Тип и Размер. После завершения проектирования самой конструкции у пользователя есть возможность снять все массовые, инерционные, объемные, плоскостные характеристики, получить детальную спецификацию.

4. Проектирование массивов сложных конструкций и технологических систем.

Проектирование обвязки оборудования – сложный и ответственный процесс. Часто возникают сложности при проектировании систем технологических трубопроводов в двух мерном пространстве. Это обусловлено тем, что инженер не видит большое количество трубопроводов во всех ракурсах и, при малейших исправлениях, приходится вносить изменения на всех видах и разрезах не имея автоматизированной взаимосвязи.

При наличии расставленного оборудования можно добавлять трубопроводы, арматуру, опоры в соответствии с правилами, нормами и назначением. В программе имеется функция проверки сборок на неразрешимость, т.е. видны участки, на которых неправильно пересекаются тела оборудования, строений, трубопроводов.

Высокая наглядность и динамичность делает процесс проектирования технологических трубопроводов проще и, что самое главное, приводит к однозначным результатам.

При выполнении больших объемов работ есть возможность проектирования одновременно несколькими исполнителями, разбив большой узел на участки. После изображения исполнителем своей части, он может скомпоновать все элементы от остальных в единый завершенный объект. Поэтому руководитель в зависимости от объема работы, навыков, квалификации исполнителя может индивидуально давать задание на определенную часть проекта.

Завершенная модель объекта, в дополнение к проектной документации, поможет в устранении ошибок и недоработок при проектировании, принятию новых инженерных решений, возможности наглядно продемонстрировать объемы и конечный результат.

Таким образом, рассмотренные выше примеры показывают эффективность использования в практике проектирования сложных технических систем, в том числе включающих различные сварные конструкции, программного обеспечения трехмерного моделирования.

УДК 693.22.007.18

Стереологические особенности конденсируемого потока при магнетронном распылении

Студент группы 104616 Лукша А.Н.

Научный руководитель – Ковалевский В.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель работы: оценка стереологических особенностей конденсируемого потока при магнетронном распылении ионизированных катодов кремний-графит при условиях раздельного синтеза карбида кремния.

Принцип раздельного синтеза керамических материалов предусматривает получение базового материала в аморфном состоянии с последующим взаимодействием с реакционным газом (твердым элементом). Условием для получения материалов в аморфном состоянии является ускоренное рассеивание тепла. Нагрев подложек связан с наличием электронных потоков, их взаимодействием с распыленным материалом. Использование экранирующих устройств позволяет устранить электронный поток, обеспечивая зарядную нейтральность конденсируемого потока.

Для оценки возможности управления процессом распыления определяли пространственные координаты градиентов энергетической неоднородности распыляемого потока. Для распыления использовали графит, рабочий газ - азот. Внешний диаметр мишени и диаметр дорожки интенсивной эрозии 115 и 80 мм. Подложка – листы папиросной бумаги прозрачные для электронных потоков. На рисунке 1 показана схема напыления подложек на расстояниях от распыляемого катода 50...250 мм. Режим распыления: напряжение $U = 850$ В, ток разряда $I = 1$ А, давление азота 0,5...0,7 Па. Продолжительность распыления 600 – 2400 с.

Распыляемый поток атомарного углерода в зависимости от траектории движения обладает различной кинетической активностью. (рисунок 1). Область эрозии распространяется в пространство по трем векторам: скрещивающиеся под большими (зона I), малыми и нормальными углами (зона II) и расходящиеся (зона III) потоки. Исходя из расположения конденсируемого потока, определено расстояние между катодом и анодом – перемешивающее устройство (а – входное окно барабана, б – зона перемешивания порошков) (рисунок 2).

Наличие неоднородности при формировании покрытий и межзонных границ обнаруживается по измерению их плотности и твердости. Значения плотности при переходе от центра «плазменной тени» через промежуточную область к периферии изменяются скачками и составляют соответственно 3,2...2,4 г/см³, значения твердости при этом равны 80...40 ГПа. Для получения тонкого покрытия SiC раздельным синтезом необходимо уменьшить неоднородность конденсируемого потока и устранить влияние высокоэнергетичных потоков электронов, что достигается введением дополнительного сетчатого катода и анода при условии интенсивного охлаждения за счет конденсации потока на частицы кристалла алмаза обладающих высокой (800 Вт/м К) теплопроводностью.

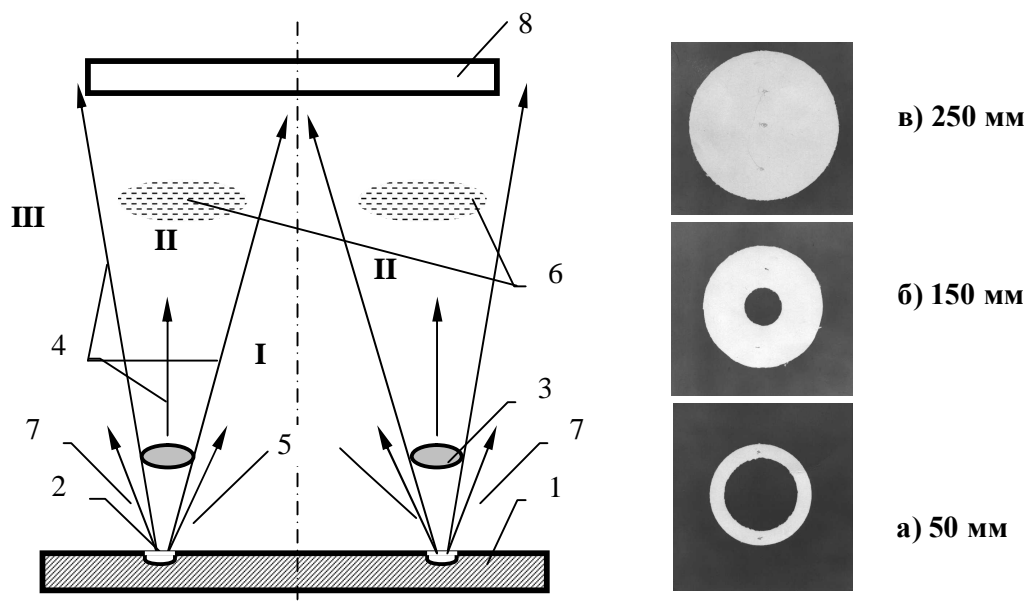


Рисунок 1 – Схема взаимодействия распыляемого потока с плазмой разряда: 1—распыляемая мишень; 2—зона эрозии мишени; 3—плазма; 4— нормально направленные и малоугловые траектории распыляемого потока; 5—зона скрещивающихся потоков (I); 6—области плазменной тени (II); 7—зона расходящихся потоков (III); 8—подложка

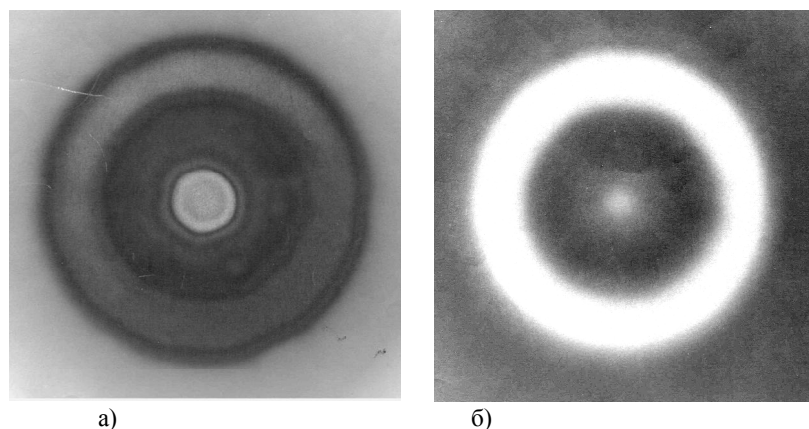


Рисунок 2 - Плотность напыления графита при удалении подложки от катода на 70 мм (а) и 120 мм (б)

Студентка гр. 104615 Цандер М. А.
 Научные руководители – Григорьев С.В., Сачава Д.Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Белорусский металлургический завод (БМЗ) разрабатывает и производит латунированную проволоку для сверх- и ультравысопрочного металлокорда. Качество высокопрочной проволоки в значительной мере определяется уровнем качества волоочильного инструмента (волок), используемого при производстве проволоки.

Волоки в большинстве случаев изготавливают из твердых сплавов на основе карбида вольфрама с Co связкой. Уровень качества волок в свою очередь определяется эксплуатационными свойствами твердых сплавов.

Наиболее распространенным критерием оценки эксплуатационных свойств волоочильного инструмента является стойкость его при волочении. Под стойкостью волоочильного инструмента подразумевается свойство волоки противостоять изменению формы, размеров и качества поверхности канала волок под действием протягиваемой проволоки. Одним из основных показателей качества волок, вытекающими из условий их эксплуатации, является трещиностойкость, так как волоки склонны к растрескиванию под действием термических или механических ударов.

Трещиностойкость - свойство материала работать в условиях инициирования и развития трещин в материалах под действием напряжений. Высокая стойкость волок и снижение усилия волочения достигаются применением для волок специальных материалов, достижением оптимальной формы и качественной обработки канала волок, а также применением соответствующей смазки.

Для изготовления волок тонкого волочения на БМЗ в основном используются твердые сплавы H3M и YL05. В таблице 1 представлены характеристики данных сплавов.

Таблица 1- Характеристики сплавов H3M и YL05

Фирма изготовитель порошковой смеси	Марка твердо- госплава	Содержание химических ком- понентов, %			Физико-механические свойства	
		Co	WC	легирующие компоненты	Твердость, HV	Средняя величина зерна α -фазы, мкм
SANDVIK Hard Materials	H3M	3,5	96,25	Cr ₃ C ₂ - 0,25	1852	1,6
COMBITRADE	YL05	3,7	94,3	TaC+NbC- 2,0	1852	1,6

Трещиностойкость изучалась на волоках для волочения проволоки на диаметр 0,3мм.

Расчеты показывают, что наибольшая концентрация напряжений в канале волоки приходится на место начала деформации проволоки в рабочем угле и переходе от рабочего угла в цилиндрическую часть волоки. Высокая концентрация напряжений приводит к образованию дефектов: кольца износа и появлению трещин.

Кольцо износа – это радиальная канавка, которая обычно развивается в волоке с самого начала её эксплуатации. Кольцо имеется почти в каждой изношенной волоке. Образование его объясняется наличием мягкой кобальтовой фазы. Трещины приводят к линейному нарушению сплошности твердого сплава в рабочей зоне волоки вдоль или поперек ее оси.

Возникающие в волоке напряжения воздействуют на твердый сплав в направлении волочения и поэтому способствуют возникновению трещин лишь определенного типа (либо продольных, либо поперечных).

Продольные трещины проходят вдоль оси волоки. Если хоть одна такая трещина обнаружена, то наличие, по меньшей мере, еще одной трещины можно предположить. Такие трещины возникают, когда сила, требуемая для деформации проволоки, больше, чем прочность материала волоки. Вероятность их появления возрастает с уменьшением рабочего угла, а также с ростом величины единичного обжатия.

Разрушение при растяжении начинается с кольцевой трещины, которая в большинстве случаев зарождается на “дне” кольца износа. Такие трещины трудноопределимы на ранней стадии развития из-за маскирующего эффекта кольца износа. Если такая трещина возникла, она развивается до полного разрушения волоки.

Разрушение при сдвиге подобно разрушению при растяжении, но имеет форму конуса. Его иногда называют “вырванная задняя часть”. Это происходит, обычно, из-за ухудшившихся условий волочения.

Еще один случай разрушения волоки представляет собой выкрашивание выходной зоны. Он отличается от приведенных выше примеров тем, что этот дефект локализуется на пересечении цилиндрической части волоки и выходного конуса. Выкрашивание выходной зоны иногда вызывается включениями или сварными швами на проволоке. Оно также может быть вызвано неправильной геометрией выходного конуса. Острый угол в выходной части калибровочного цилиндра также представляет собой слабый участок и легко выкрашивается.

В отличие от механических напряжений направление воздействия, возникающих при эксплуатации волоки термических напряжений (в результате нагрева при эксплуатации) труднее определимо, поэтому в результате данных напряжений могут появиться трещины различных типов. Трещины, вызываемые термическими напряжениями, могут быть случайны как по размеру, так и по направлению, и обычно их не одна – две, а множество. Вершины трещин, образовавшихся в результате термических напряжений, становятся концентраторами напряжений, и сопутствующие механические напряжения вызывают быстрый рост (развитие) трещин.

Трещиностойкость изменяется при изменении химического состава твердого сплава и изменении размера зерна. При увеличении содержания кобальта и крупнозернистой структуре твердый сплав обладает высоким сопротивлением к развитию продольных трещин. Уменьшение размера зерна карбида приведет к высокой поперечной прочности на разрыв.

Перспективы использования гранулированного нанокompозита FeCoZr-Al₂O₃ для создания магниточувствительных устройств

Аспирантка Касюк Ю.В.

Студент Максименко А.А.

Научный руководитель – Федотова Ю.А.

Белорусский государственный университет

Национальный центр физики частиц и высоких энергий БГУ

г. Минск

Идентификация и изучение свойств новых материалов с улучшенными магнитными свойствами имеет важное значение для разработки усовершенствованных датчиков и приводов. Интерес к исследованию гранулированных нанокompозитов (ГНК) «металл-диэлектрик», содержащих гранулы ферромагнитного сплава (FeCo, FeNi, FeCoZr и др.) распределенные в диэлектрической матрице (SiO₂, Al₂O₃ и др.) связан с возможностью их применения для создания магниточувствительных устройств (сенсоров), эксплуатируемых при высоких частотах. Преимущество использования данных материалов заключается в оптимальном сочетании достаточно высоких значений электросопротивления ρ , малых значений коэрцитивности H_c и высоких значений магнитосопротивления $\Delta\rho/\rho=(\rho(B)-\rho_0)/\rho_0$. Изменяя структуру таких ГНК, можно манипулировать их физическими свойствами и получать материалы с необходимым набором свойств. Транспортные, магнитные и магнитотранспортные свойства ГНК определяются многими факторами. К числу основных факторов можно отнести химический состав диэлектрической матрицы и металлических наночастиц, соотношение металлической и диэлектрической фаз в нанокompозите, магнитная структура наногранул, состояние границы раздела между наногранулами и матрицей [1].

В данной работе изучена взаимосвязь магнитных и магнитотранспортных свойств пленок ГНК (FeCoZr)_x(Al₂O₃)_{1-x}, 33 ат.% < x < 62 ат.%. Понимание подобных связей позволяет определить оптимальный состав нанокompозита для последующего использования при производстве магнитных сенсоров.

Тонкие пленки (~ 4 мкм) гранулированных нанокompозитов (FeCoZr)_x(Al₂O₃)_{1-x} состоящие из наночастиц FeCoZr распределенных в диэлектрической матрице Al₂O₃ с различной концентрацией металлической фазы 33 ат.% < x < 62 ат.% были получены методом ионно-лучевого распыления составной мишени в смешанной атмосфере аргона и кислорода (1·10⁻¹ Па). Осаждение нанокompозитов осуществлялось на ситалловую подложку, которая охлаждалась водой. При таком методе синтеза наногранулы имеют аморфную структуру, т.е. имеют только ближний порядок упорядочения атомов в пространстве. Преимущества, связанные с получением аморфных частиц, заключаются в их низкой магнитной анизотропии, низких потерях при перемagnetивании, высоком значении начальной магнитной проницаемости как на низких (0,1-1 МГц), так и на высоких (5-15 МГц) частотах и в высокой прочности [2]. При конструировании нанокompозитов выбран сложный состав металлических гранул: Fe₄₅Co₄₅Zr₁₀. Это обусловлено необходимостью стабилизации аморфной структуры ферромагнетика при комнатной температуре. С этой целью к ферромагнитным атомам железа и кобальта добавлено 10 % аморфизатора - циркония. Для материала матрицы нанокompозитов выбран Al₂O₃, который является термически стабильными в широкой области температур [3].

Синтез образцов осуществлялся в смешанной атмосфере аргона и кислорода. В этом случае, согласно детальным исследованиям, проведенным на образцах гранулированного нанокompозита

$(\text{FeCoZr})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$ методом ЯГР-спектроскопии, происходит активное окисление металлических наночастиц и формируется структура «ядро-оболочка», которая способствует увеличению магниторезистивного эффекта в два раза и позволяет стабилизировать наночастицы при более высоких температурах [4].

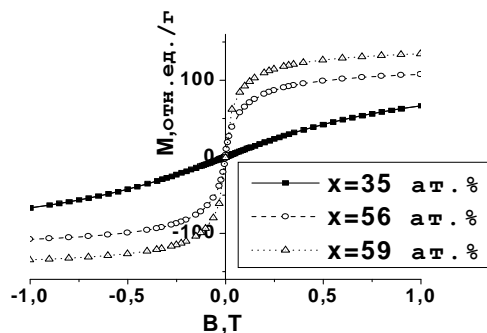


Рисунок 1 – Зависимость приведенной намагниченности (M) от величины внешнего поля (B) для различных составов композита $(\text{FeCoZr})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$

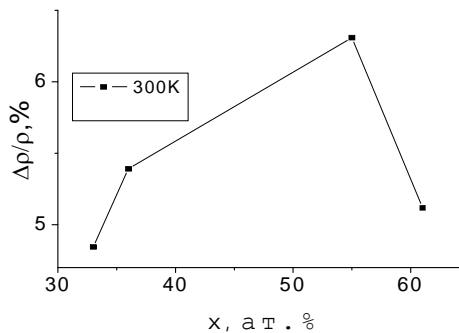


Рисунок 2 – Зависимость величины магнитосопротивления $\Delta\rho/\rho$ от концентрации металлической фазы в нанокompозите $(\text{FeCoZr})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$

На рисунке 1 представлены кривые намагниченности $M(B)$, которые исследовались методом вибрационной магнитометрии (Quantum design, VSM-PPMS) в поле с индукцией B до 8,9 Тл (2 – 300 К). Магнитосопротивление $(\rho(B)-\rho)/\rho$ материала изучались в диапазоне температур 10 – 300 К при B до 8 Тл (рис. 2). Из зависимости на рис.2 видно, что величина магнитосопротивления сначала увеличивается с ростом концентрации металлической фазы, достигает максимального значения (6,3%), а затем падает. Однако, даже при достаточно высоких значениях x (61 ат.%) перколяционный переход не наблюдается. Это объясняется тем, что при синтезе материала в кислородсодержащей атмосфере происходит прогрессирующее окисление гранул FeCoZr с ростом их содержания в нанокompозитах и образуются структуры «ядро-оболочка», которая препятствует образованию проводящей сети и проводимость осуществляется за счет спин-зависимого характера туннелирования во всем исследуемом интервале концентраций металлической фазы. Близкое к нулю значение коэрцитивной силы и отсутствие выхода на насыщение намагниченности при комнатной температуре (рис. 1) свидетельствует о том, что наночастицы в композите находятся в суперпарамагнитном состоянии, слабо взаимодействуют между собой и не обладают магнитным упорядочиванием. При увеличении x , ат.% частицы металла увеличиваются в размерах, толщина прослоек между гранулами уменьшается, вероятность туннелирования возрастает и величина МС достигает наибольшего значения (рис.2). Дальнейшее увеличение концентрации приводит к тому, что частицы начинают взаимодействовать друг с другом, проявляется частичная магнитоупорядоченность и величина МС уменьшается. Отсутствие коэрцитивной силы во всем диапазоне концентраций и наличие экстремума у кривой МС(x ,%) позволяет выбрать оптимальный состав нанокompозита, который будет обладать максимальным значением магнитосопротивления без ущерба для его коэрцитивных свойств.

Таким образом, ГНК $(\text{FeCoZr})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$ является перспективным материалом для создания магниточувствительных устройств, так как при синтезе данного ГНК есть возможность подобрать оптимальное соотношение концентраций металла, при котором эффект магнитосопротивления будет максимальным без изменения коэрцитивных свойств ГНК.

Литература

1. Fedotova J., Adv. In Nanoscale Magnetism, Springer 122, 2007.
2. Даринский Б.М., Калинин Ю.Е. и др., Влияние термической обработки на плотность локализованных состояний, Воронеж, Воронежский гос. техн. ун-т, Известия Тулгу 6, 2006.
3. Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, Физические свойства нанокompозитов металл-диэлектрик с аморфной структурой, «Альтернативная энергетика и экология» 10(54), 2007, 9-21.
4. A.Saad, J. Fedotova, J. Nechai, Szilagy E., Marszalek M., All. Comp. 471(1-2), (2009).

Процесс ионо-плазменного азотирования технологической оснастки на Молодечненском заводе порошковой металлургии

Студент Илюкевич А.И.

Научные руководители – Хренов О. В., Лешок А. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Отличительной особенностью технологической оснастки порошковой металлургии является высокая абразивная стойкость рабочих элементов (пуансон, матрица, стержень). На рисунке 1 представлены возможные варианты износа технологической оснастки.

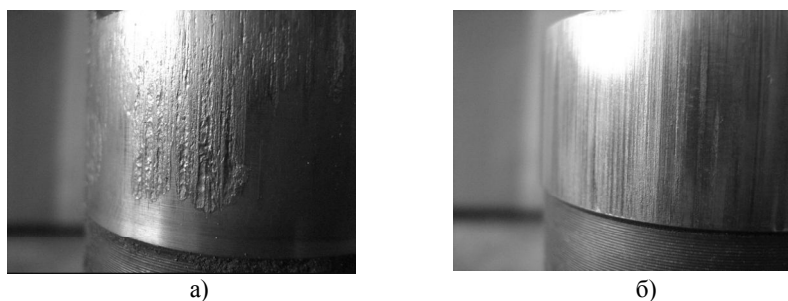


Рисунок 1 - Износ рабочих поверхностей технологической оснастки (а) привар материала; б) формирование задиров)

Традиционно, в качестве материала технологической оснастки используется инструментальная сталь марок 9ХС, Х12, Х12МФ имеющая высокую стоимость.

Процесс ионо-плазменного азотирования является одним из наиболее эффективных способов поверхностного упрочнения. Насыщение сплавов железа азотом изменяет структуру и тем самым статическую и динамическую прочность, износостойкость, деформируемость и коррозионные свойства, поверхностную твёрдость, контактную выносливость [1]. Процесс характеризуется большой скоростью процесса, возможностью получения диффузионных слоёв заданного состава и строения, возможность проведения управляемого процесса. Он выгодно отличается с экономической точки зрения от других процессов. Поскольку температура обработки не превышает 600 °С, то структурных превращений, подобных тем, которые протекают в результате аустенизации при закалке, не происходит, что позволяет проводить охлаждение с любой скоростью без риска возникновения мартенсита. По этой причине в отличие от закалки деформации и коробления незначительны. Этот процесс химико-термической обработки нашёл широкое применение во многих отраслях машиностроения.

Сущность процесса заключается в том, что в разряжённой азотсодержащей атмосфере между катодом (деталью) и анодом (стенки камеры) возбуждается тлеющий разряд, в результате чего ионы газа, бомбардируют поверхность катода, нагревают её до температуры насыщения. Температура процесса 470 – 580 °С, разряжение 1-10 мм.рт.ст., рабочее напряжение 400 – 1100 В [2].

Микроструктура образца стали Х12МФ подвергнутого процессу ионо-плазменного азотирования представлена на рисунке 2.

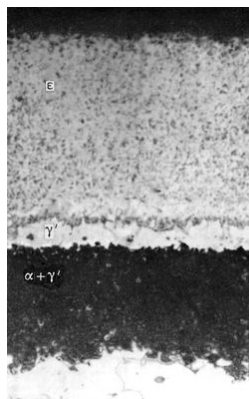


Рисунок 2 – Микроструктура азотированного слоя стали Х12МФ

Использование рабочих частей технологической оснастки подвергнутых процессу ионо-плазменного азотирования показало, что стойкость увеличилась в 2-3 раза.

Литература

1. Азотирование и карбонитрирование. Чаттерджи-Фишер Р., Эйзелл Ф.В. и др. Пер. с нем. / Под ред. Супова А.В. - М. Металлургия, 1990. 280.
2. Лахтин Ю.М., Коган Д.Я., Шпис Г.И. и др. Теория и технология азотирования. - М. Металлургия, 1991. 320.

УДК 629.115

Опыт применения металлокерамических фрикционных дисков в коробке передач тракторов «Кировец»

Студент Антончик Д.И.

Научный руководитель – Хренов О. В., Лешок А. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Коробка передач тракторов “Кировец” механическая, с шестернями постоянного зацепления, четырёхрежимная. Имеет 16 скоростей вперед и 16 назад с возможностью переключения передач, в пределах режима, без разрыва потока мощности. Четыре фрикционные муфты расположены на ведущем валу коробки передач.

Конструктивно, ведущие и ведомые диски коробки передач тракторов «Кировец» имеют традиционную форму кольца с зубьями эвольвентного профиля по наружному или внутреннему диаметру. Диски изготавливаются из стали 65 Г подвергнутой процессу сульфационирования.

Сульфационирование – комбинированный процесс химико-термической обработки, заключающийся в одновременном многокомпонентном диффузионном насыщении поверхности металла серой, углеродом и азотом. Сульфационированный слой на дисках стабилизирует коэффициент трения, улучшает процесс приработки, препятствует схватыванию контактирующих поверхностей, увеличивает износостойкость. Сульфидная пленка улучшает адсорбцию масла и играет роль “твердой смазки”.

На Молодечненском заводе порошковой металлургии совместно с Петербургским тракторным заводом в 2002 году начали проводиться опытные работы по использованию в коробке передач фрикционных дисков с металлокерамическим фрикционным слоем.

Основные преимущества металлокерамического материала:

- 1) стабильное значение коэффициента трения;
- 2) высокая износостойкость;
- 3) более высокая теплопроводность;
- 4) более высокое допустимое удельное давление и относительная скорость скольжения при работе;
- 5) увеличение срока службы.

В качестве фрикционного материала использовался получивший наибольшее распространение материал МК-5 (%): олово – 9; свинец – 9; железо – 4; графит – 7. Медь обладает высокой теплопроводностью, обеспечивая хороший отвод тепла в процессе трения. С целью повышения механических свойств меди, придания ей большей теплостойкости и улучшения характеристик трения к медному порошку добавляют порошки других металлов, в процессе спекания легирующих медную основу. Добавка олова к медному порошку повышает механическую прочность сырых прессовок и спеченных образцов, а также твердость. Износ двойных сплавов медь — олово несколько снижается по мере повышения содержания олова. В любом фрикционном материале присутствуют компоненты, которые уменьшают либо устраняют схватывание и заедание, способствуют плавности трения и уменьшению износа поверхностей. В материале МК-5 такими компонентами является графит и свинец. Для повышения коэффициента трения до требуемого значения используются фрикционные добавки, основной задачей которых является не износ сопрягаемой детали (контртела), а обеспечение оптимального уровня зацепления. Для этих целей приемлемым является использование как металлических так и не металлических добавок. Для фрикционных материалов на основе меди в качестве такой добавки наибольшее распространение получило железо или металлокерамические тугоплавкие материалы (оксиды, карбиды).

Фрикционный диск изготовлен по технологии свободно насыпанного слоя, включающего операции: изготовления стальной несущей основы из стали 65Г, нанесение промежуточного подслоя из компактной меди электролитическим методом, формование и закрепление слоя фрикционного материала, нанесение системы масловодящих каналов и пазов. Отличительной особенностью конструкции диска является нане-

сение на поверхность системы маслоотводящих канавок в виде квадратной решетки. Такая форма исполнения маслоотводящих канавок обеспечивает быстрое выдавливание масла и высокий передаваемый крутящий момент.

Учитывая повышенные требования к прочности материала работающих в тяжёлых режимах трения, повышенной температуры (до 400 - 500°C и выше) и значительных контактных нагрузок ответный (ведущий) диск выполнен шлифованным из стали 65Г, HRC 27-34,5.

В настоящий момент осуществляется серийная комплектация коробок передач тракторов серии «Кировец» фрикционными дисками производства Молодечненского завода порошковой металлургии. Эксплуатационные испытания новой фрикционной пары «металлокерамический фрикционный диск – диск стальной» находятся на заключительном этапе. Ресурс работы фрикционных дисков, для трактора К-744РЗ (N=430лс) составляет более 20 тыс. включений.

УДК 621.762.8

Исследование процессов получения блоков цилиндров аксиально-поршневых насосов с антифрикционными слоями на поршневых и торцевой поверхностях

Студент гр. 104615 Васильев А.А.
Научные руководители – Керженцева Л.Ф., Дьячкова Л.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является исследование процессов получения блоков цилиндров аксиально-поршневых насосов с антифрикционными слоями на поршневых и торцевой поверхностях.

В Республике Беларусь ежегодно выпускается более 10 тысяч аксиально-поршневых насосов, которые используются в машиностроении, станкостроении и других отраслях промышленности, в большегрузных автомобилях, в шахтном гидравлическом креплении, станочном и прессовом оборудовании, строительной, дорожной и сельскохозяйственной технике.

Аксиально-поршневые насосы относятся к классу объемных гидромашин, рабочий процесс в которых основан на переменном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры. Вытеснителями могут быть поршни, плунжеры, шестерни, винты, пластины и т.д. По принципу действия объемные насосы разделяются на поршневые и роторные. В поршневом насосе жидкость вытесняется из неподвижных камер в результате лишь возвратно-поступательного движения вытеснителей.

Основным узлом аксиально-поршневых насосов является роторная группа, в которую входят следующие основные детали: блок цилиндров, шаровая опора (втулка опорная сферическая), поршень в сборе с подпятником, диск распределительный и др. Эти детали изготавливаются в настоящее время преимущественно из бронзы, которая не обеспечивает необходимый ресурс работы и производительность насоса, а также длительное сохранение КПД насоса. В связи с этим срок службы насосов невелик и требуется организация ремонтных служб и служб обслуживания.

Низкая прочность и триботехнические свойства литой бронзы, весьма дорогостоящего материала, ранее применяемой для изготовления узлов трения аксиально-поршневых насосов, сдерживает развитие нового поколения насосов, обеспечивающих повышенное давление (выше 32 МПа), а также высокое КПД и производительность машин и механизмов, в которых используются аксиально-поршневые насосы.

Для повышения работоспособности насоса необходимо применение высокоэффективных антифрикционных материалов. Наиболее перспективным способом повышения эксплуатационных характеристик гидравлической техники и снижения расхода бронзы является применение порошковых композиционных материалов, сочетающих высокую прочность и триботехнические свойства.

В связи с тем, что определяющей деталью центрального узла роторной группы аксиально-поршневых насосов является блок цилиндров, в работе проводили исследования по разработке порошковых антифрикционных материалов и технологии нанесения их на поршневые поверхности и рабочую торцевую поверхность.

Разрабатывался метод нанесения антифрикционного слоя путем жидкофазного припекания. Такой метод позволяет совместить операцию нанесения антифрикционного слоя на рабочие цилиндрические поршневые поверхности и торцевую распределительную поверхность блока, что позволяет значительно снизить затраты на изготовление блока.

В качестве антифрикционных покрытий на поршневых цилиндрических поверхностях использовали порошковый материал на основе железа с добавками графита, меди и свинца, а на торцевую поверхность – материал на основе меди с добавками олова, никеля и свинца.

Процесс нанесения антифрикционного слоя включает операции приготовления шихты, прессование заготовок, их спекание, установки в блок цилиндров, высокотемпературный отжиг.

На качество припекания антифрикционного слоя к торцевой поверхности блока цилиндров оказывает влияние состояние поверхности: наличие масляных пятен, окисленных участков и других видов загрязнений. Поэтому перед установкой заготовки антифрикционного слоя производили подготовку поверхности блока цилиндров, удалив все виды загрязнений: грязь, следы масла, окисление и др. Оксиды с поверхности удаляли механическим путем с помощью наждачной бумаги либо химическим травлением. После этого поверхность обезжиривали.

Время припекания определялось временем, необходимым для прогрева стальной заготовки блока цилиндров до рабочей температуры и выдержкой для протекания диффузионных процессов. В зависимости от размеров стальной заготовки блока время процесса составляет 1-1,5 ч.

Исследование структуры переходного слоя показало (рисунок 1), что имеет место хорошая диффузионная связь порошкового материала со сталью, отсутствуют поры и пустоты на границе.



Рисунок 1 – Микроструктура двухслойного материала сталь 45 - ПА-БРОШ 10-2-3. х 200

УДК 621.791

Электронно-лучевая сварка пневмогидроаккумуляторов

Студент гр.104815 Юревич С.В.

Научный руководитель – Горанский Г.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Гидроаккумулятор – это сосуд, работающий под давлением, который позволяет накапливать гидравлическую энергию и возвращать её в систему в нужный момент. В пневмогидравлических аккумуляторах (пневмогидроаккумуляторах) накопление энергии гидравлической жидкости и её возврат в систему происходит за счёт энергии сжатого газа.

На рисунке 1 представлен пневмогидроаккумулятор со сварным корпусом, в нем мембрана запрессована в кольцевой паз внутри корпуса, технология сварки должна обеспечить минимальный нагрев во избежание повреждений мембраны при сварке.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) обладает широкими технологическими возможностями. Плотность энергии в пучке превышает плотность энергии электрической сварочной дуги на два-пять порядков (от 10 до 10 Вт/см²). Источник нагрева сосредоточен на маленьком пятне диаметром в десятые или даже сотые доли миллиметра. Погонная энергия при ЭЛС не превышает 20% аналогичного показателя при дуговой сварке. Благодаря малому значению погонной энергии, значительно уменьшается объем расплавленного металла. Узкий шов, параллельность его границ и малая протяженность ЗТВ обуславливают незначительные линейные и угловые деформации свариваемых изделий. Таким образом, использование электронно-лучевой сварки позволяет решать задачи, недоступные для других способ сварки. Такой задачей является сварка корпуса мембранного пневмогидроаккумулятора.

Для исследований была создана экспериментальная оснастка, использование которой позволяет сваривать образцы в условиях максимально приближенных к реальным условиям сварки элементов пневмогидроаккумулятора (рисунок 2).

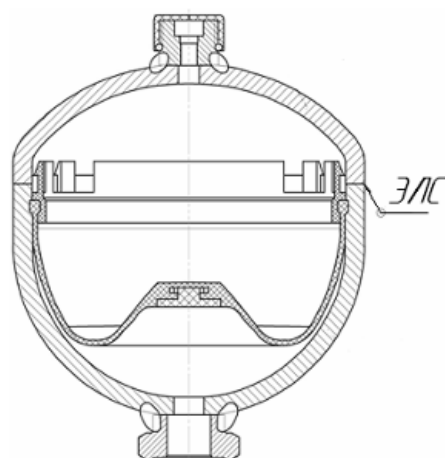


Рисунок 1 - Эскиз пневмогидроаккумулятора

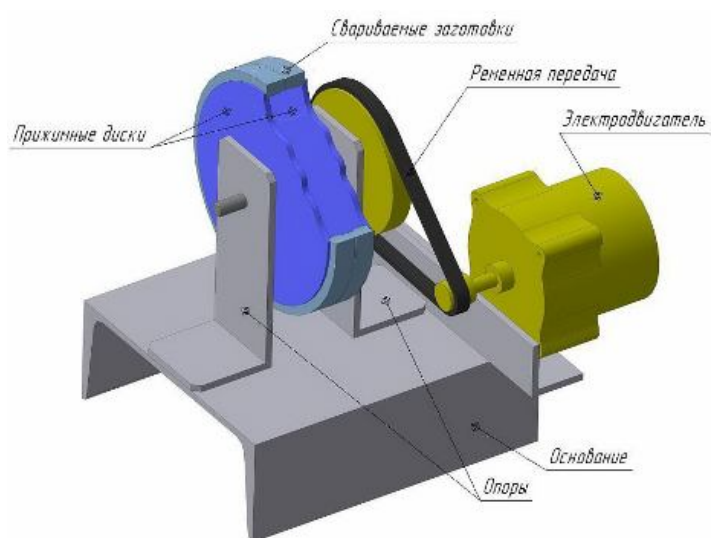


Рисунок 2 – Принципиальная схема оснастки для сварки образцов

В исследованиях были использованы образцы из стали 35.

В результате экспериментов были отработаны режимы ($P = 4 \text{ кВт}$, $V_{\text{СВ}} = 1 \text{ см/с}$), при сварке на которых получили сварное соединение с полным проплавлением (9 см) и отсутствием дефектов (рисунок 3). Проведенные после исследования микроструктуры и механические испытания подтвердили положительный результат.

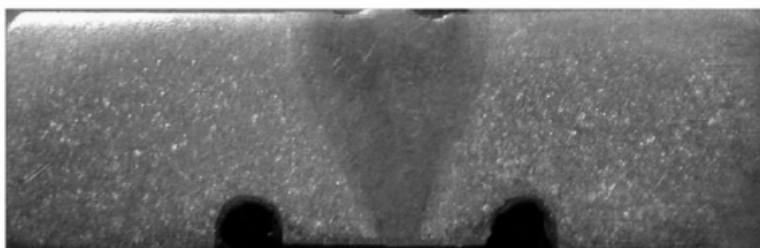


Рисунок 3 – Сварное соединение полученное ЭЛС

Студент гр.104815 Юревич С.В.

Научный руководитель – Горанский Г.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является обзор и анализ возможностей использования электронно-лучевой сварки (ЭЛС) для решения задач снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности продукции сварочного производства.

Отсутствие в Республике Беларусь собственных сырьевых ресурсов делает весьма актуальной проблему разработки и использования ресурсосберегающих, обеспечивающих сокращение импорта технологий. На изготовление, ремонт и восстановление сварных металлоконструкций, машин, сосудов, трубопроводов и др. расходуется около 75% перерабатываемого металлопроката, различных профилей и труб, более 2,5 млрд. кВт.ч. электроэнергии и более 30 тыс. тонн сварочных электродов, сварочной проволоки и других присадочных материалов. [1]

Электронно-лучевая сварка относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями, позволяя соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 до 400 мм. Процесс ЭЛС характеризуется высоким КПД, достигающим 90%. Источник нагрева в виде пучка электронов сосредоточен на малом пятне диаметром в десятки или сотни доли миллиметра. Плотность энергии в пучке превышает плотность энергии электрической сварочной дуги на два-пять порядков. Такая концентрация энергии, достигаемая при специальной фокусировке пучка в сварочных электронных пушках, делает возможным сварку с отношением глубины к ширине проплавления до 50:1. Погонная энергия при ЭЛС не превышает 20% аналогичного показателя при дуговой сварке. Благодаря малому значению погонной энергии, значительно уменьшается объем расплавленного металла. Узкий шов, параллельность его границ и малая протяженность ЗТВ обуславливают незначительные линейные и угловые деформации свариваемых изделий. Максимальная пластичность и вязкость сварных соединений, минимальные сварочные деформации позволяют успешно использовать ЭЛС при изготовлении изделий после завершающей механической обработки. [2]

В целом при конструировании и выборе способа сварки изделий следует учитывать следующие преимущества ЭЛС, по сравнению с другими способами сварки плавлением:

- широкий диапазон толщин;
- возможность получения узких швов с глубоким проплавлением, а также возможность регулирования отношения глубины к ширине;
- уменьшение роста зерна в ЗТВ сварки;
- небольшие размеры ЗТВ;
- большие скорости нагрева и охлаждения металла в вакууме, что позволяет получать максимальную степень чистоты и высокие физико-механические свойства изделия;
- резкое снижение величины деформации сварных конструкций;
- возможность сварки соединений различных типов, в том числе и принципиально новых, не выполнимых другими способами сварки;
- высокая производительность и экономичность ($V_{св}$ до 60 м/мин);
- универсальность аппаратуры, позволяющая сваривать детали разных толщин;

Между тем следует отметить, что при внедрении ЭЛС в производство присутствуют такие особенности как высокие капиталовложения, необходимость весьма тонкой подгонки свариваемых элементов и ограниченный размер конструкции, поскольку сварку приходится выполнять в камерах.

В мировой практике наблюдается рост удельного веса ЭЛС в сравнении с другими видами сварки. Мировой парк эксплуатируемых установок в 2000 году достиг 7000 штук, ежегодно их изготавливается 150-200 штук, создаются крупногабаритные вакуумные камеры, ведутся работы по разработке процесса сварки электронным лучом в атмосфере.

Таким образом, изучив преимущества и технологические возможности ЭЛС, можно отметить, что области и возможности внедрения данного вида сварки весьма широки и перспективны, как с экономической точки зрения, так и сугубо для решения технологических задач.

Литература

1 Денисов Л.С. Концепция и задачи по развитию сварочного производства на период до 2015г. // Материалы симпозиума «Технологии – Оборудование – Качество» в рамках выставки Белорусский промышленный форум 2008.

2 Башенко В.В., Вихман В.Б. Козлов А.Н., Гайдукова И.С. Состояние и перспективы развития электронно-лучевой сварки // Технологии и оборудование электронно-лучевой сварки – 2008. Материалы Санкт – Петербургской международной научно – технической конференции. ООО «Агентство «ВиТ-Принт»». 2008.- 210 с.

УДК 621.763

Получение порошка на основе алюминидов титана для нанесения защитных газотермических покрытий

Студент гр. 104615 Реутёнок Ю.А.
Научный руководитель – Лецко А.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является создание порошков для газотермического напыления покрытий, предназначенных для эксплуатации в воздушной атмосфере при повышенных температурах, которые бы имели высокие механические характеристики, жаростойкость, фазовую стабильность.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке сплавов на основе γ -TiAl, которые имеют низкий удельный вес, высокие характеристики жаростойкости и жаропрочности, что особенно важно для материалов аэрокосмического назначения.

Необходимая жаростойкость двойных сплавов Ti-Al достигается при содержании алюминия в них более 54 ат.-% при температурах до 920-950 К. Введение легирующих элементов, таких как хром, позволяет повысить стойкость сплава к окислению на воздухе (до 1273 К).

Недостатком традиционных технологий получения сплавов на основе гамма-алюминидов титана из расплавов является высокая стоимость процессов, т.к. необходимо проводить процесс в защитной или инертной атмосфере. Кроме того, гамма-сплавы очень чувствительны даже к незначительным изменениям химического состава, особенно по отношению к алюминию.

Известно, что реакции взаимодействия титана и алюминия экзотермичны. Поэтому их получение возможно методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), но из-за невысокого экзотермического эффекта реакций в системе Ti-Al при классическом варианте проведения процесса СВС даже при стехиометрическом соотношении компонентов продукт синтеза содержит смесь алюминидов титана, а при использовании крупных порошков – еще и не прореагировавшие исходные компоненты, что ведет к значительному снижению механических свойств и жаростойкости продуктов СВС. Поэтому в условиях разбавления реакционной смеси хромом для обеспечения полноты превращения реагентов необходимо использовать активирование процесса синтеза. Интенсивно исследуемый в последнее десятилетие метод механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС) позволяет получать в системе Ti-Al гомогенные однофазные алюминиды. МАСВС представляет собой двухстадийный процесс. На первом этапе реакционную шихту обрабатывают в энергонапряженных мельницах до некоторого критического времени, чтобы сформировать механически активированную смесь, которая состоит из частиц, содержащих очень тонко, вплоть до наномасштаба, распределенные между собой элементарные компоненты. Такая механически активированная смесь подвергается последующему СВС.

Результаты проведенных исследований показали, что полученный методом МАСВС порошок характеризуется однородной структурой и повышенной по сравнению с известными материалами на основе гамма-алюминидов титана микротвердостью: средняя величина которой при нагрузке 25 г составила 3,13 ГПа (по сравнению с 1,55-2,80 ГПа для известных гамма-сплавов). При этом трещин, в том числе образующихся при индентировании, в синтезированных порошках обнаружено не было.

Наиболее важными технологическими характеристиками порошков для ГТН являются гранулометрический состав, текучесть и насыпная плотность. Результаты испытаний указанных свойств для размолотых и разделенных по фракциям неклассифицированных порошков представлены в таблице.

Таблица - Основные свойства синтезированных порошков

Номер образца	Размер частиц порошка, мкм	Содержание фракции в размолотом порошке, %	Насыпная плотность, г/см ³	Текучесть, с
1	71 – 100	3,2	1,23	55,6
2	41 – 71	10,8	1,19	59,2
3	0 – 40	85,4	1,14	64,8

Как видно из таблицы, порошки системы Ti-Al-Cr, получаемые после механического измельчения, характеризуются высоким выходом (~ 90 %) фракций 0 – 40 мкм, пригодной для детонационного напыления, с приемлемой текучестью и насыпной плотностью.

Синтезированные порошки показали отличную способность к детонационному напылению. Для всех типов основы (нержавеющая и углеродистая сталь, титановый сплав) покрытия отлично копируют рельеф основы и плотно прилегают к ней, что является необходимым условием высокой адгезии. Трещин и отслоений в покрытиях не обнаружено. Исследование структуры покрытия при помощи оптической микроскопии свидетельствует о небольшой общей пористости покрытий – менее 1 %. Распределение пор по площади покрытия равномерное, поры имеют размер 0,5–2 мкм. Полученные покрытия характеризуются высокой твердостью. Средняя величина микротвердости составляет 9–11 ГПа. Это значительно выше твердости известных покрытий на основе гамма-сплавов, которая, как правило, не превышает 5 ГПа.

Для образцов с покрытиями на основе из сплава VT-16 были проведены исследования жаростойкости и прочности сцепления с основой. Полученные данные свидетельствуют о том, что детонационные покрытия из синтезированного порошка могут работать при температурах до 1173 К. Прочность сцепления покрытий с основой достаточно высока и составляет 83-96 МПа.

Заключение

Исследованы структура и свойства СВС порошков системы Ti-Al-Cr. Порошки характеризуется более высокой по сравнению с известными материалами на основе гамма-сплавов микротвердостью. Технологические свойства синтезированных порошков отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для напыления.

Полученные детонационные покрытия из порошка на основе алюминид титана имеют пористость менее 1 %, высокую микротвердость (9-11 ГПа), прочность сцепления с основой (83-96 МПа) и повышенную жаростойкость (до 1173 К).

УДК 517.958:536.25

Элементы компьютерной методики конструктивно-технологического проектирования сварных конструкций

Студент гр.104816 Галаев К.О.
Научный руководитель – Медведев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является рассмотрение компьютерного моделирования сварного узла, и качественная оценка образования деформаций и напряжений при сварке, с дальнейшей проверкой расчётов в универсальных лицензионных системах конечно-элементного анализа, развернутых на вычислительных ресурсах Республиканского суперкомпьютерного центра коллективного пользования в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси, и подтверждение полученных результатов реальными опытами, проведёнными при одинаковых условиях нагружения.

При изготовлении сварных конструкций дугowymi способами возникают деформации, нарушающие проектные размеры и форму изделия.

Общие остаточные деформации отдельно сваренных узлов или монтажных единиц затрудняют общую сборку конструкции. В результате сварки элементы могут получить такие деформации, что их сборка без пригонки окажется невозможной и потребуются подгонка сопрягаемых кромок, правка, натяг и др. операции, усложняющие технологию, увеличивающие трудоёмкость изготовления сварных конструкций и снижающие в ряде случаев их работоспособность.

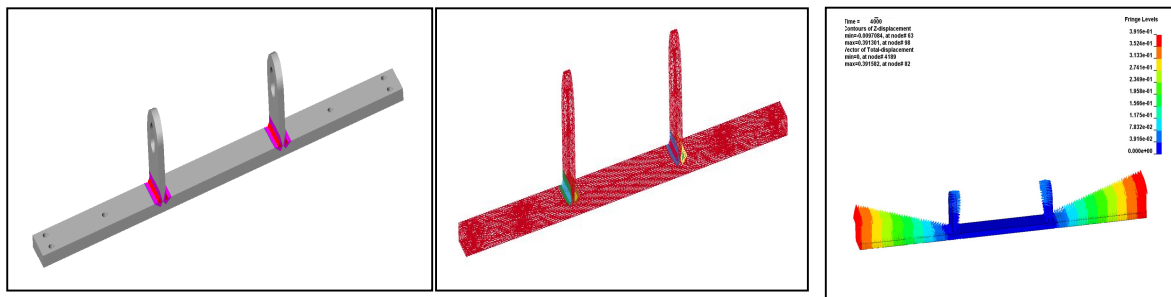


Рисунок 1. Трёхмерные твердотельные и конечно-элементные модели сварной конструкции

Расчётное определение сварочных деформаций – достаточно трудоёмкий процесс, включающий в себя анализ объёмного нагружения детали, схемы деформаций и напряжений, теоретический расчёт, проверка. Весь данный процесс можно заменить одним единственным – моделирование сварочных деформаций и напряжений при помощи специализированных пакетных программ. Это, в свою очередь, сократит время расчётов и инженерную документацию, которые являются важнейшими параметрами в серийном производстве, и уменьшение которых существенно повлияет на производительность производства в целом.

В общем случае развитое компьютерное проектирование обеспечивает наглядное представление сборочной единицы после сварки, следовательно, происходит экономия сварочных материалов и электроэнергии, которое необходимо потратить для осуществления большого количества опытных образцов.

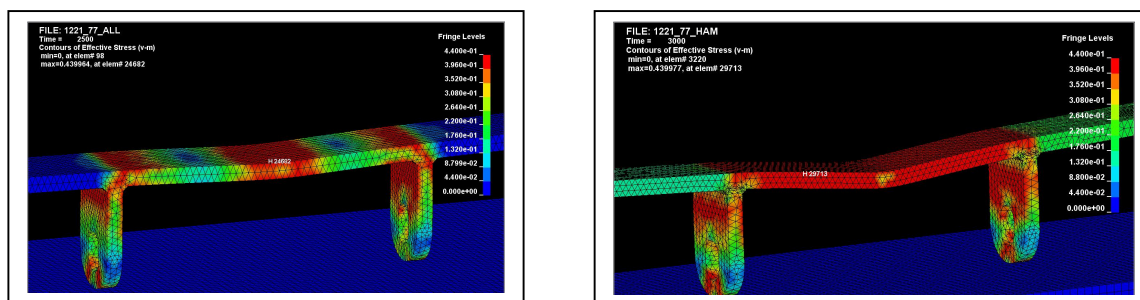


Рисунок 2 – Отражение динамического поведения сварной конструкции без учета и с учетом влияния остаточных сварочных явлений

Методика конструктивно-технологического проектирования позволяет в первом приближении оценить рациональность (технологичность) сварного узла, варианты конструкций технологически необходимой оснастки, для предотвращения появления остаточных напряжений и деформаций в сварном соединении, путём грамотной корректировки технологии сварки, конструирования сварного узла и сварочного приспособления.

Доклад иллюстрируется примером расчетов и конструирования сборочно-сварочных приспособлений для реальных сварных конструкций Минского тракторного завода.

Литература

1. Н.О. Окерблом, Демянцевич В.П. Проектирование технологии изготовления сварных конструкций. - Л., СУДПРОМГИЗ, 1963 – 603 с.
2. Н.О. Окерблом Н.О. Конструктивно-технологическое проектирование сварных конструкций. – Л., МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1964, 419 с.
3. Медведев С.В. Принципы конструктивно-технологического проектирования сварных конструкций в суперкомпьютерных средах // Известия ТулГУ. Серия. Компьютерные технологии в соединении материалов. Вып.3. Труды Первой Международной научно-технической Интернет-конференции «Компьютерные технологии в соединении материалов» 2004 – 2005 / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Судника В.А. – Тула: Изд – во ТулГУ, 2005. – С.70 – 76.
4. Медведев С.В. Оценка вариантов сварных конструкций по уровню остаточных напряжений и деформаций // Сварочные технологии и оборудование. – 2003. – № 2. – С. 3 – 10.

УДК 621.762.8

Технологии получения волок из композиций алмаз - карбид кремния

Студент гр. 104616 Луговский С.Н.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью настоящей работы является освещение технологии получения волок из композиций алмаз - карбид кремния.

Процесс волочения является одним из широко применяемых процессов обработки давлением при производстве проволоки, прутков, труб, профилей, к преимуществам которого относятся высокая производительность, относительная простота технологической оснастки и волочильного оборудования, высокая точность и качество поверхности получаемых изделий.

В волоочильном производстве при изготовлении проволоки применение находят волокна из металлокерамических твердых сплавов. Спеченные металлокерамические сплавы представляют композицию из твердых тугоплавких соединений (карбидов вольфрама, титана и тантала, а также сочетания их с карбидами хрома, ниобия, ванадия) с более легкоплавкими (цементирующими) металлами - кобальтом и никелем.

Высокая стоимость вольфрамсодержащих волокон, покупаемых за рубежом, потребовала разработки технологий с применением композиций алмаз - карбид кремния.

Исследования, выполненные С.К. Гордеевым (ЦНИИ материалов, С.-Петербург) показали, что композит алмаз - карбид кремния, полученный пропиткой пористых (30-60%) полуфабрикатов, содержащих алмазные каркасы, значительно превосходит твердые сплавы по износостойкости, но проигрывает им по вязкости разрушения и локальной прочности.

Получение формирующего инструмента (волокон для волочения кордовой проволоки) из сверхтвердого композита алмаз - карбид кремния по разработанной в проекте технологии можно осуществлять в виде трех вариантов: пропиткой при температуре 1550°C пористого полуфабриката из микрошлифпорошков алмаза кремнием; реакционным спеканием пористого полуфабриката сформованного из шихты, содержащей порошок - композит алмаз - карбид кремния, первичный SiC, свободные кремний и углерод в засыпке; изготовлением волокон с переходным составом по сечению из порошка - композита с многослойным покрытием и сплавов НЗМ. или YL05, что позволит использовать преимущества композита алмаз - SiC в повышении износостойкости волокон.

Разработана комбинированная технология, сочетающая нанотехнологию получения многослойных покрытий на алмазных порошках и технологию получения СТМ при низких давлениях (вакуум) пропиткой пористой заготовки. Выполнены исследования процессов получения пористого полуфабриката из порошков - композитов путем прессования их со связкой - термoplastической фенолформальдегидной смолой (ФФС), которая хорошо смачивает поверхность пиролитического углерода. Использование алмазных частиц различного размера, отличающихся более чем в 4 - 5 раз, и дисперсных частиц первичного карбида кремния домикронного размера позволило создать из более больших по размерам частиц каркас. Каркас формировали путем прессования гранул, полученных из шихты, содержащей порошок - композит со связкой - пластификатором. Удаление связки осуществляли при последующей термообработке.

Отличие приведенных процессов состоит в том, что при реакционном спекании композита алмаз - SiC разделение процесса на две стадии условное. Предварительное спекание направлено на удаление летучих веществ ФФС и образование на кристаллах алмаза карбидокремниевое покрытие α - SiC. Окончательное реакционное спекание протекает в засыпке и приводит к расплавлению кремния, растворению в нем графита и взаимодействию их с образованием β - SiC.

Предварительное спекание твердого сплава направлено на устранение в структуре свободного углерода технологической связки. Окончательное спекание проводят в графитовом контейнере с волокнами-заготовками для формирования мелкозернистой структуры материала за счет взаимодействия кобальта с легирующими элементами. После предварительного спекания заготовку вынимают из электрической вакуумной печи для предварительного спекания и помещают в электрическую вакуумную печь для окончательного спекания. Во избежание окисления твердого сплава не допускается хранение волокон-заготовок в отключенных печах более суток. Охлажденные волокна-заготовки выгружаются из контейнеров и обдуваются сжатым воздухом.

Основными показателями качества волоочильного инструмента, вытекающими из условий эксплуатации, является износостойкость поверхности, запас пластичности связки и ее упрочняемость в процессе деформации, вязкость разрушения материала и прочность его на разрыв. Установлено влияние процентного содержания кобальта и размера зерна карбида вольфрама на свойства спеченного твердого сплава (твердости, прочности и вязкости разрушения). При высоком содержании кобальта и крупном зерне WC в структуре твердого сплава материал обладает высоким сопротивлением к развитию продольных трещин. Уменьшение размера зерна карбида вольфрама приводит к высокой поперечной прочности на разрыв. Мелкозернистый WC с низким содержанием кобальта имеет высокую твердость (сопротивление износу).

При создании композита алмаз - SiC покрытия выполняют магнетронным распылением композиционных катодов (Si+C). Многослойное покрытие имеет переходный слой SiC с аморфной структурой (толщиной до 20 нм). Наличие аморфной прослойки между алмазом и карбидом кремния повышает трещиностойкость композита. Высокие свойства покрытия обеспечивают повышение стойкости алмаза к графитации при нагреве. Второй слой, представляющий собой смесь атомов или кластеров Si+C (толщиной до 160 нм), выполняет технологические функции формирования основной матрицы SiC.

Слой пиролитического графита толщиной 140 - 160 нм наносится пиролизом углеродсодержащей атмосферы на поверхность кристаллов алмаза и дисперсных частиц первичного SiC. Пиролитический графит растворяется в жидком Si и одновременно взаимодействует с ним с образованием SiC (в присутствии дисперсных добавок). Состав и толщина покрытий в порошках - композитах определяется режимами распыления и скоростью осаждения конденсата.

После смешивания компонентов шихты в нее добавляют связующее – 0,7 мл 25% - го спиртового раствора фенолформальдегидной смолы СФ – 010А (ГОСТ 18094 – 80). Полученную шихту тщательно перемешивают и дважды перетирают через сито с размером ячейки 1 мм, формируя гранулы. Форма гранул позволяет при прессовании участвовать сдвигающим напряжениям, которые обеспечивали перемещение их компонентов без разрушения связи между ними.

В заключение можно добавить, что применение данной технологии является перспективным направлением для исследования, т.к. вышеуказанные композиции показали высокие свойства наряду с относительной простотой получения.

УДК 621.744

Инжекционное формование литевых составов CATAMOLD

Студент Шибeko O.O¹,

Научный руководитель – Виолентий Д.Р²,

¹Белорусский национальный технический университет

²ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси»

г. Минск

Технология инжекционного формования порошковых материалов (powder injection molding – PIM) основана на использовании литья под высоким давлением термопластичных масс из высокодисперсных металлических (metall injection molding – MIM) или керамических (ceramic injection molding – CIM) порошков и полимерного связующего вещества, термического, сольвентного или каталитического удаления связующего в специальной печи для удаления связующего и окончательном высокотемпературном спекании их в атмосфере или в вакууме.

CIM технология имеет большую перспективу и огромное преимущество при производстве деталей сложной формы с точными геометрическими размерами и большими объемами производства по сравнению с традиционными методами, т.к. имеет существенные технологические преимущества:

- снимает все ограничения по сложности формы изготавливаемой детали;
- дает новые неограниченные возможности для дизайна изделий;
- позволяет получать более прочные детали за счет модификации характеристик материалов;
- позволяет придавать поверхностям формируемых деталей практически любые свойства – от очень гладких до текстурированных;
- получать детали с минимальной толщиной сечения от 0,5 до 30 мм с допусками в пределах 0,1мм на каждые 25 мм линейных размеров детали и стабильной повторяемостью размеров;
- снижает время изготовления деталей;
- предоставляет возможность удешевления готовых изделий за счет исключения операции по механообработке;

В ГНУ ИПМ НАН Беларуси используются литьевые составы, выпускаемые под торговой маркой Catamold, основу которых составляет связующее вещество полиацеталь – полупрозрачный термопластичный полимер с хорошими технологическими характеристиками: высокой стабильностью размеров, высокой прочностью и хорошей теплостойкостью. Превосходные общие характеристики полиацетала делают его предпочтительным материалом для использования в производствах, требующих высокой точности геометрических размеров изделий. Однако решающим преимуществом полиацетала в качестве связующего в материалах Catamold является возможность его быстрого каталитического удаления. Catamold представляет собой однородный, гранулированный материал, который не нуждается в дальнейшей гомогенизации. Его необходимо расплавлять в максимально мягких условиях, для того, чтобы избежать ненужного перегрева и деструкции. Температура разложения полиацетала в Catamold 110-140 °С, а точка плавления 165 °С.

Механизм удаления связующего из отлитой заготовки основан на диффузии и проникании испаряющегося формальдегида через поры (рисунок 1). Граница раздела связующего вещества и газа движется внутрь заготовки со скоростью 1-2 мм/ч.

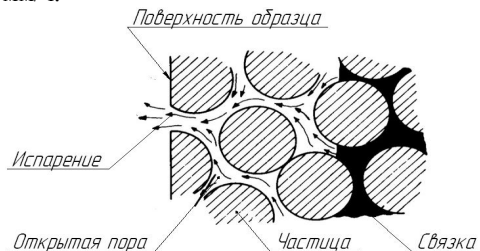


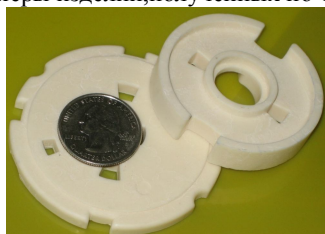
Рисунок 1 – Механизм каталитического удаления связующего.

На установке Allrounder 170U 150-70 проведены исследования по уплотнению керамических материалов Catamold методом инъекционного формования. Свойства образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства керамики полученной по СИМ технологии из материалов Catamold

Свойства	Единица измерения	Керамика на основе Al_2O_3	Керамика на основе ZrO_2
Плотность	г/см ³	3,8 - 3,9	5,90 - 5,95
Модуль Юнга	ГПа	350 - 400	200 – 220
Предел прочности при изгибе	МПа	300 - 450	400 – 600
Коэффициент вязкости разрушения	МПа·м ^{1/2}	3,5 – 4,0	5 – 6
Твердость	HV	1500 - 2000	1350 -1420

Примеры изделий, полученных по СИМ технологии приведены на рисунке 2:



а)



б)

Рисунок 2 - а) Золотниковые пары из керамики на основе Al_2O_3 ; б) Корпуса часов из керамики на основе ZrO_2

Как видно из приведенного, передовая керамика на основе Al_2O_3 и ZrO_2 , изготавливаемая методом инъекционного формования из материалов Catamold, имеет высокие физико-механические свойства, что открывает для нее перспективу широкого применения в промышленности Республики Беларусь.

УДК 621.793

Получение электродов для электроискрового легирования с использованием технологии сухого изостатического прессования

Студентка гр.104815 Букато Н.Ю.
 Научный руководитель – Саранцев В.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

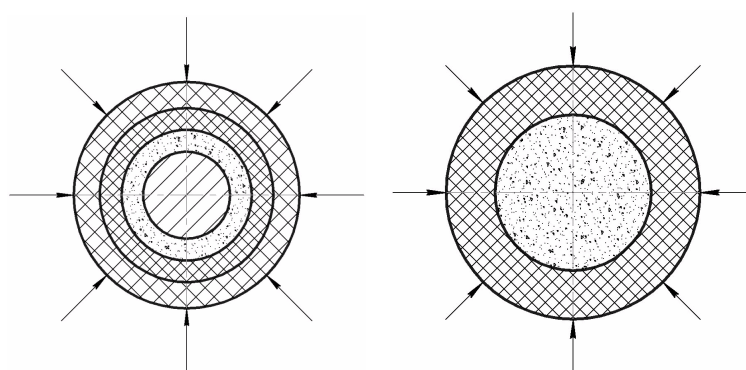
Введение. Среди важных факторов, определяющих технический прогресс методов нанесения покрытий, можно выделить создание специальных многофункциональных электродных материалов (ЭМ). Расходуемые электроды используются при нанесении покрытий наплавкой, электроискровым легированием, гальваническим осаждением, ионной конденсацией и т.д.

Постановка задачи. Сейчас в мире для электроискрового легирования (ЭИЛ) используются, в основном, электроды из твердых сплавов на основе карбида вольфрама (группы ВК и ТК), которые предназначены только для увеличения износостойкости поверхности. Эти электроды не могут во многих случаях удовлетворить потребности современного производства. Разработка новых способов получения электродных материалов необходимых для формирования заданных характеристик покрытий является важной и актуальной задачей современного производства.

Для получения электродов из широкой гаммы тугоплавких материалов предложено использование метода сухого изостатического прессования (СИП) с последующим спеканием. Перспективность использования этого метода обусловлена возможностью получать электроды широкой номенклатуры из порошков исходных компонентов и формовать изделие заданного размера. Этот метод является наукоемким и открывает принципиально новый подход в организации технологического процесса получения длинномерных изделий из хрупких и трудно деформируемых порошков тугоплавких неорганических соединений.

Благодаря технологическим возможностям СИП в процессе формования изделий порошки подвергаются квазистатическому нагружению. По технологии СИП возможно получение деталей из порошков в виде сплошных цилиндров или в виде трубок (рисунок 1).

Для получения электродов была спроектирована и изготовлена оснастка, позволяющая за один цикл спрессовать трубчатые или цилиндрические стержни из порошковых материалов (рисунок 2).



а – радиальное на оправку, б – радиальное
Рисунок 1 – Схема прессования



Рисунок 2 – Многоместные формы для получения электродов

Для ЭИЛ были получены ЭМ:

1. TiC-80%, Ni-20% (здесь и далее в весовых %) (исходный размер частиц порошка TiC ≤ 40 мкм, Ni ≤ 40 мкм);
2. Графит;
3. Co – 50 %, Cr – 30 %, W – 5 %, Ni – 15 % (исходный размер частиц порошка Co, Cr, W, Ni ≤ 50 мкм);

Электрод №1 был получен при помещении порошкового материала в тонкостенную оболочку (12X18H10T) с последующим обжатием при давлении 80 МПа.

Электрод №2 был получен из порошка графита по двухступенчатой технологии – осевое прессование заготовки 40 МПа с последующим уплотнением при радиальном обжатии 100 МПа.

Электрод №3 был получен по описанной выше технологии СИП с последующим отжигом при температуре 800°C в течении 30 мин в печи с защитной атмосферой.

Результаты измерения микротвердости (рисунок 4) показывают, что максимальной твердостью обладают покрытия, сформированные при использовании электрода №1. Высокая твердость является результатом формирования на поверхности КП, состоящего из карбидов титана распределенных в металлической матрице из материала оболочки (12X18H10T) и никелевых добавок. При использовании графитового электрода модифицированный слой на подложке из стали Ст.3 обладает твердостью на уровне закаленной стали. Использование электрода №3 позволяет сформировать большую толщину слоя на поверхности детали с достаточной твердостью (8 ГПа) (рисунок 4).

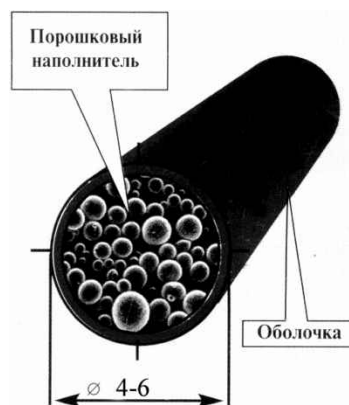


Рисунок 3 – Общий вид электродов, полученных с использованием технологии СИП

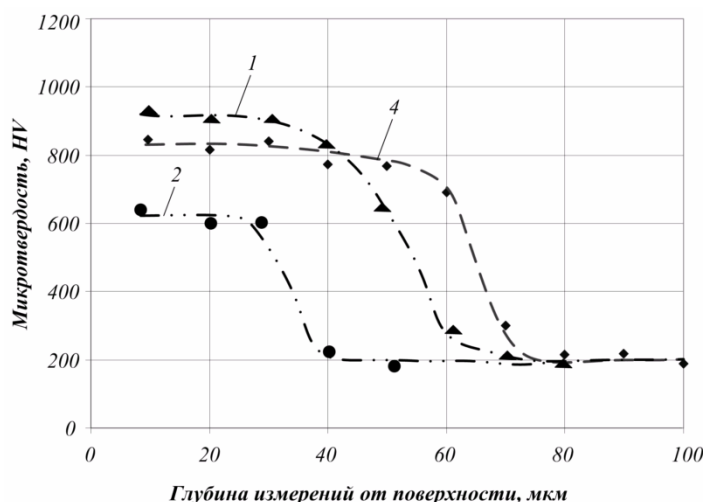


Рисунок 4 – Микротвердость КП, полученных ЭИЛ ($W=2$ Дж)

Выводы. В результате проведенных исследовательских и конструкторских работ были получены результаты: 1. разработана схема получения электродов цилиндрической и трубчатой формы; 2. разработана технология получения электродов из порошковых материалов; 3. проведены исследования свойств сформированных КП методом ЭИЛ. Разработанные ЭМ могут быть использованы при нанесении композиционных износостойких покрытий.

Литература

1. Богинский Л.С., Реут О.П., Саранцев В.В., Букато Н.Ю. Совершенствование технологии сухого изостатического прессования / Сборник материалов 7-й международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» г. Минск 26 мая 2009 г. В 3т. Т.1. Минск: БНТУ, 2009. – 458 с. С.216.
2. Устройство для прессования изделий из порошков: заявка №а20090863 Респ. Беларусь, МПК В 22 F 3/00 / Л.С. Богинский, О.П.Реут, В.В. Саранцев, Н.Ю.Букато; заявитель БНТУ заявл. 12.06.09.

УДК 621.762

Моделирование испытаний композиционных материалов методом конечных элементов в программной среде ANSYS

Студент гр. 104615 Василевский С.В.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет

Целью настоящей работы является оптимизация прочностных характеристик фрикционных композиционных материалов в программной среде ANSYS.

Фрикционные материалы широко используются как в технике, так и в быту. Основной сферой применения frictionных материалов является передача движения от одного объекта к другому объекту с использованием такого физического процесса как трение. Кроме того, frictionные материалы широко используются в системах торможения: тормозные системы в автомобилях, поездах, самолетах, различных станках и т.п. То есть, от их долговечности, прочности, износостойкости и других механических свойств зависит безопасность работы транспортных средств, и другого оборудования.

В настоящее время современные frictionные материалы представляют собой многослойные композиционные материалы. В процессе функционирования, в результате контактов рабочих поверхностей frictionные материалы подвергаются различным нагрузкам. К поверхности раздела материалов прилагается как нормальные (направленные перпендикулярно к поверхности), так и сдвиговые (направленные вдоль поверхности раздела) нагрузки. Поверхности двух контактирующих материалов могут испытывать скольжение друг относительно друга. Это может приводить к существенному повышению их температуры в поверхностном слое. Что ведет к появлению термонапряжений во frictionных материалах. Большинство новых frictionных материалов являются композиционными материалами обладают неоднородные механические свойства по образцу. При эксплуатации таких материалов в глубине материалов могут возникать сильно неоднородности в температурных полях и полях напряжений. Которые могут приводить к ослаблению механических свойств материалов, и, что самое печальное к их разрушению, в самый неподходящий период. Поэтому при разработке новых frictionных материалов и натурных образцов должно проводится всесторонне их испытание. Одним из наиболее современных способов испытаний материалов является компьютерное моделирование образцов для реальных условий их эксплуатации. Адекватное моделирование работы frictionных материалов требует решения контактной задачи.

Контактные задачи по своей природе являются нелинейными и требуют для расчета значительных вычислительных ресурсов. Для успешного решения задач контактного взаимодействия необходимо иметь четкое представление о физической природе этого явления. Кроме того, такая задача должна решаться поэтапно.

Для контактных задач характерны две проблемы. Первая состоит в том, что зона контакта до решения задачи неизвестна. В зависимости от внешних нагрузок, граничных условий, свойств материалов и других факторов поверхности могут входить в контакт друг с другом и выходить из него поэтапно и непредсказуемо. Вторая проблема связана с необходимостью учета трения при моделировании взаимодействия тел. Для этого разработаны специальные модели, которые также являются нелинейными.

В дополнении к указанным проблемам имеются определенные сложности при моделировании контактных взаимодействий в многодисциплинарных задачах, а именно: теплопроводность при высокой температуре и электрические потоки в контактных зонах.

Наиболее важным фактором, влияющим на конечные результаты контактного моделирования, является правильный выбор контактного алгоритма, который зависит от природы контактной задачи, типа используемых контактных элементов и пр. Для решения этих задач разработаны комплексы прикладных программ, в которых учтены основные физические процессы, влияющие на поведение материалов. Для этих комплексов разработаны и реализованы наиболее оптимальные алгоритмы решения соответствующих математических задач. Одним из таких комплексов является программный комплекс ANSYS в его различных модификациях.

Программный комплекс ANSYS 11.0 предоставляет пользователю ряд контактных алгоритмов, при помощи которых можно оптимально настроить «физику» рассматриваемой проблемы, совокупности с другими параметрами, такими как нормальная контактная жесткость (FKN), область поиска контакта (Pinball Region, PINB), допуск на проникание (FTOLN), автоматическая регулировка контакта (Automatic Contact Adjustment), в итоге получить реальную физическую картину контактного взаимодействия.

Все контактные алгоритмы ANSYS доступны через диалоговую панель Contact Wizard в разделе Contact Properties.

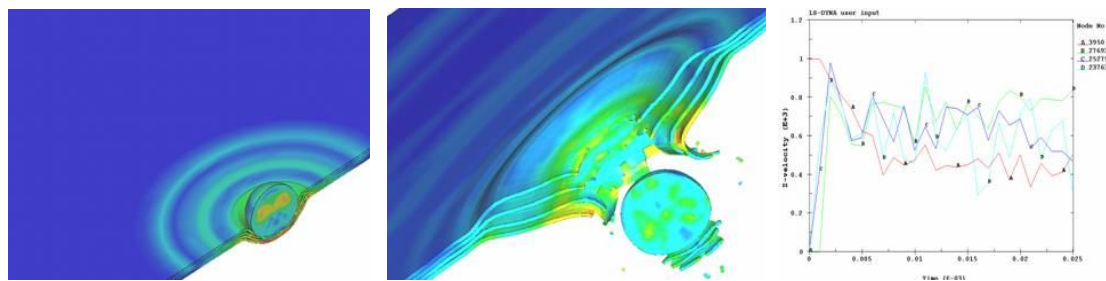


Рисунок 1 – Моделирование испытания многослойной пластины на пробой с регистрацией прочностных характеристик каждого взаимосвязанного слоя композита, состоящего из различных сплавов.

Способы устранения закалочных структур и холодных трещин в сварных соединениях из стали 45 при ручной дуговой сварке

Студентка гр. 104817 Иванова И.О.
Научный руководитель – Голубцова Е.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

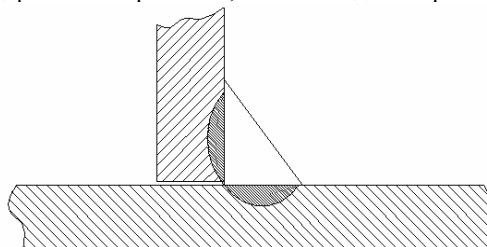
Целью настоящей работы явилось изучение способов устранения закалочных структур и холодных трещин в стали 45 при ручной дуговой сварке

Высокие значения микротвердости в зоне термического влияния свидетельствуют об образовании мартенсита, который повышает хрупкость сварного соединения.

Для преодоления этих трудностей и в первую очередь для повышения стойкости металла шва против кристаллизационных трещин при всех видах сварки плавлением стремятся снизить содержание углерода в металле шва. Это обычно достигается за счет применения электродных стержней и электродной проволоки с пониженным содержанием углерода и уменьшения доли основного металла в металле шва. Стремятся также обеспечить получение швов с большим значением коэффициента формы и применяют предварительный и сопутствующий подогрев, двухдуговую сварку в раздельные ванны и модифицирование металла шва.

Для сварки среднеуглеродистых сталей чаще всего применяют предварительный подогрев до температуры 250...300 °С. За счет предварительного подогрева удается повысить на 0,01...0,02% допустимое содержание углерода в металле шва, при котором еще не образуются трещины, и предупредить образование закалочных структур в околошовной зоне. Однако сварка с подогревом обладает серьезными эксплуатационными недостатками. Кроме того, чрезмерный подогрев может вызвать образование трещин вследствие увеличения провара основного металла и связанного с этим повышения содержания углерода в металле шва.

Для снижения доли основного металла в металле шва дуговую сварку среднеуглеродистых сталей, как правило, ведут с разделкой кромок на режимах, обеспечивающих минимальное проплавление основного металла и максимальное значение коэффициента формы шва. Для иллюстрации сказанного на рисунке показаны угловые швы, сваренные под флюсом на режимах, типичных для сварки среднеуглеродистой стали.



Типичная форма углового шва при сварке под флюсом среднеуглеродистой стали 45

Для повышения доли электродного металла в металле шва принимают также меры по увеличению коэффициента наплавки. При механизированных способах сварки это достигается применением сварочной проволоки малого диаметра (2...3 мм) и минимального сварочного тока. Лучшие результаты получаются при постоянном токе прямой полярности. Сварку под флюсом среднеуглеродистых сталей ведут на режимах, не характерных для этого высокопроизводительного способа, в связи с чем он не получил широкого применения при изготовлении конструкций из среднеуглеродистых сталей.

Эффективным и надежным средством достижения равнопрочного соединения металла шва при низком содержании в нем углерода служит дополнительное легирование элементами, упрочняющими феррит. При сварке среднеуглеродистых сталей для достижения равнопрочного соединения достаточно дополнительно легировать шов марганцем и кремнием. Для сварки под флюсом применяют флюсы АН-348-А и ОСЦ-45 и сварочную проволоку Св-08А, Св-08ГА и Св-ЮГ2. При этом необходимое повышенное содержание в шве кремния и марганца достигается частично путем восстановления их из флюса. Этому способствует применение тонкой проволоки и малых токов, при которых восстановление кремния и марганца протекает более интенсивно.

Для ручной сварки среднеуглеродистых сталей применяют электроды с фтористо-кальциевым покрытием УОНИ-13/55 и УОНИ-13/45, обеспечивающие достаточную прочность и высокую стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин. Чтобы избежать образования малопластичных и хрупких закалочных структур в околошовной зоне, при сварке среднеуглеродистых сталей следует замедлить остывание изделий путем снижения скорости сварки, предварительного подогрева металла, сварки

двумя и более раздвинутыми дугами. Чем больше содержание углерода в стали, тем выше должна быть температура подогрева металла при сварке. Даже при использовании всех указанных приемов сварные соединения на среднеуглеродистой стали чаще всего получаются недостаточно пластичными, так как закалка основного металла в околошовной зоне полностью не предотвращается. Если к сварному соединению предъявляются требования высокой пластичности, то для выравнивания свойств приходится применять последующую термообработку, чаще всего закалку с отпуском.

УДК 621.762.8

Конструирование комбинированных катодов и совместимость их с магнетронной распылительной системой

Студентка гр. 104616 Семянникова А.А.
 Научный руководитель – Керженцева Л.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является разработка комбинированного катода-мишени кремний-графит для создания покрытия SiC стеклометрического состава.

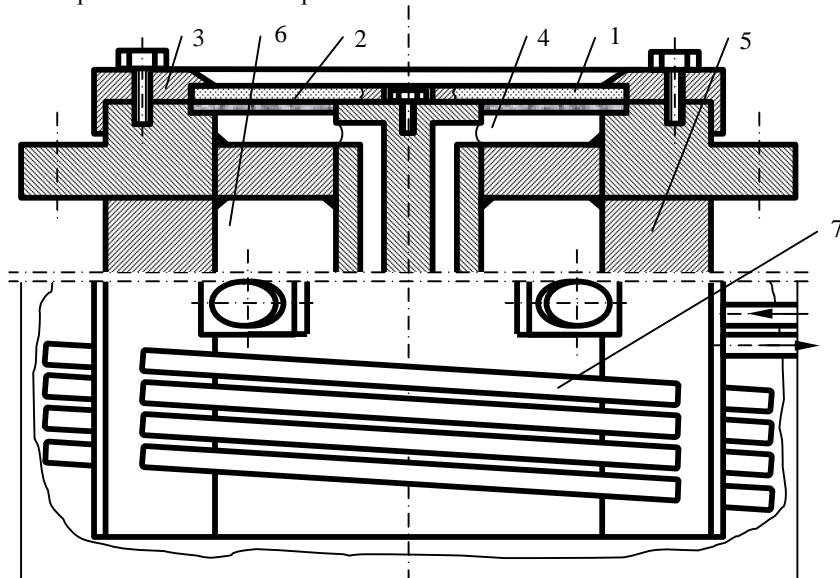


Рис. 1. Система косвенного охлаждения магнетронного распылителя:
 1 – катод; 2 – мембрана; 3 – держатель катода; 4 – камера охлаждения;
 5 – магнитопровод; 6 – катушка индуктивности; 7 – гидрозистор

Получение покрытий распылением мишеней заключается в эмиссии атомов (ионов) с их поверхности и последующем осаждении на подложки. Свойства покрытий от способа изготовления мишеней. Изготовление мишеней-катодов осуществляется механическим точением заготовок, прессованием мишеней из порошков, диффузионной сваркой биметаллических мишеней, нанесением на мишень-заготовку гальваническим путем или ионно-плазменным напылением распыляемого материала. Недостатками процессов напыления подложек с использованием мишеней являются необходимость жесткого контроля исходных материалов, загрязнение материалов покрытий технологическими примесями, несоответствие стехиометрического состава покрытий заданному и его коррекция. Указанные недостатки частично устранены в методе прямого синтеза. Надежной конструкцией является система косвенного охлаждения, в которой отвод тепла от катода осуществляется через промежуточный элемент мембранного типа (рисунок 1), изготовленный из нержавеющей стали 08X18H9T толщиной 0,15...0,20 мм. Косвенное охлаждение катода позволило реализовать конструкцию магнетрона с щелевым типом теплообменника Упругая мембрана под влиянием сетевого давления воды деформируется, создавая более плотный контакт с охлаждаемым катодом, компенсируя при этом деформацию мишени-катода в процессе эрозийного износа. Использование комбинированных катодов кремний – графит потребовало исследования процесса эрозии и неравномерности эрозийного износа плоских катодов – мишеней.

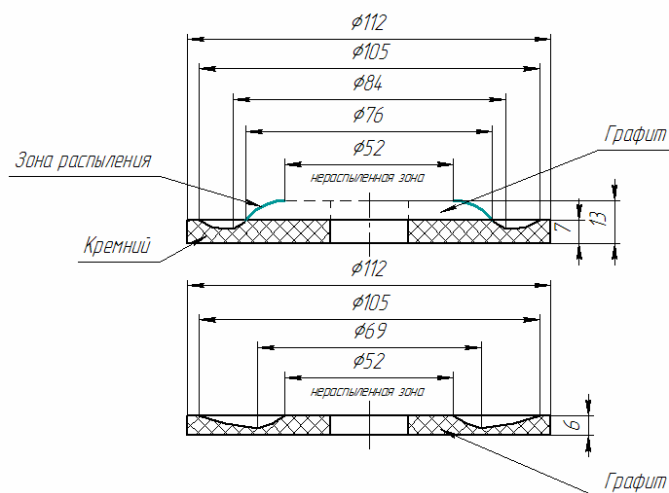


Рисунок 2 – Зона эрозии графита и комбинированного катода

На рисунке 2 представлены зоны эрозии графита и комбинированного катода. Расчет поверхностей подвергаемых эрозии показал, что соотношение для кремния и графита составляет 2.5. Такое соотношение с учетом различия в скорости конденсации материалов позволяет получить покрытие из смеси атомов или кластеров соответствующее стехиометрическому составу SiC. Дилатометрическими исследованиями подтверждено, что реакционное спекание в твердой фазе протекает при 650 - 850°C с формированием α -SiC состава близкого к стехиометрическому.

УДК 621.791.763.1

Контактная сварка разнотолщинных материалов

Студент гр. 104815 Аникеев В.В.
 Научные руководители – Демченко Е.Б., Керженцева Л.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Исследовали макрошлифы зоны сварных соединений при сварке разнотолщинных сталей «08 кп» толщиной 0,8 и 2,0 мм при изменении времени протекания сварочного тока от 0,12 до 0,32 с при постоянном усилии сжатия электродов 200 кг.

Анализ геометрии формы и структуры точек контактной сварки показал, что с увеличением времени протекания сварочного тока происходит значительное увеличение диаметра ядра с 3,7 до 5,3 мм и диаметра отпечатка с 5,1 до 5,7 мм. При этом высота ядра и высота отпечатка увеличиваются менее значительно соответственно с 1,1 до 1,4 мм и с 0,15 до 0,25 мм. Такой характер изменения параметров сварного соединения при увеличении длительности действия сварочного тока объясняется выделением большего количества тепла в зоне контакта свариваемых деталей, увеличением пластичности материала, а также геометрией рабочих поверхностей электродов.

При времени сварки $t_{св}=0,12$ с наблюдается практически полный непровар деталей. Возникающее ядро расплавленного металла сдвинуто в тонкую заготовку. Размеры отпечатка сравнимы с размерами отпечатков при более высоких значениях времени сварки. При увеличении времени сварки до $t_{св}=0,32$ с ядро приобретает форму одностороннего вогнутого эллипса. Наблюдается вытеснение металла из зоны кристаллизации и образование пластического пояска, свойства которого в значительной степени определяют свойства сварного соединения.

Установлено, что наиболее оптимальным временем сварки является $t_{св}=0,24$ с. Форма ядра имеет эллиптическую форму, расположение ядра относительно поверхности контакта деталей симметрично, размеры и прочностные характеристики ядра и отпечатка соответствуют рекомендуемым режимам для данных толщин сталей.

С увеличением усилия сжатия электродов ($P=100...300$ кг; $t_{св}=0,24$ с) происходит уменьшение диаметра ядра с 4,8 до 4,2 мм и высоты ядра с 1,6 до 1,1 мм, при увеличении диаметра отпечатка с 5,2 до 5,7 мм и высоты отпечатка с 0,15 до 0,30 мм.

Установлено, что при увеличении величины усилия сжатия электродов возникает значительная пластическая деформация, приводящая к подавлению роста расплавленного ядра с вытеснением металла в оклошовную зону и образованием пластического пояска. Это подтверждается стабильным ростом высоты и диаметра отпечатка. При этом соответственно уменьшаются размеры ядра.

При $P=100$ кг ядро расплавленного металла сдвинуто в сторону тонкой заготовки. Размеры ядра сравнимы с размерами при высоких значениях величин времени сварки. При увеличении P до 300 кг ядро уменьшается в размерах и имеет форму одностороннего вогнутого эллипса. Наблюдается явное вытеснение металла из зоны кристаллизации и образование пластического пояска, свойства которого в значительной степени определяют свойства сварного соединения.

Выводы.

Наиболее оптимальным режимом процесса сварки является режим сварки при времени протекания сварочного тока $t_{св}=0,24$ с и усилия сжатия электродов $P=300$ кг.

Форма ядра имеет эллиптическую форму, расположение ядра относительно поверхности контакта деталей симметрично, размеры и прочностные характеристики соответствуют рекомендуемым режимам.

УДК 621.762.8

Проектирование оснастки для изготовления волок из композитов алмаз – карбид кремния

Студент гр. 104616 Сергеев М.В.

Научный руководитель – Ковалевский В.Н.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью настоящей работы является проектирование оснастки для прессования заготовок - волок, используемых для волочения кордовой проволоки. Волоки изготавливают из твердого сплава, так как они работают в условиях высоких температур, давлений и агрессивных сред. Для замены твердого сплава предлагается использовать композиционный материал алмаз–карбид кремния.

Поставленная цель объясняется тем, что стойкость к абразивному износу, как показали исследования, композит алмаз – карбид кремния превосходит твердые сплавы в 30 раз. Кроме того, критерием эксплуатационных свойств волочильного инструмента является стойкость при волочении, как свойство волоки противостоять изменению формы, размеров и качества поверхности канала волок. Основными показателями свойств материала является износостойкость, трещиностойкость и прочность на сжатие.

Для осуществления процесса проектирования оснастки для прессования выбирается волока – заготовка типоразмером 10x8 мм. Этапы проектирования оснастки включают в себя следующие расчеты:

- 1) выбор схемы прессования. Для получения заготовок с равномерной плотностью по всему объему выбирается схема двухстороннего прессования;
- 2) определение объема готовой детали;
- 3) расчет относительной плотности спрессованной детали;
- 4) расчет навески порошка на одну деталь. Основным условием получения необходимых значений плотности брикета, формы, размеров и свойств готовых изделий является правильный и точный расчет навески порошка, приходящегося на одну деталь;
- 5) определение размеров камеры засыпки, полости матрицы, пуансонов.

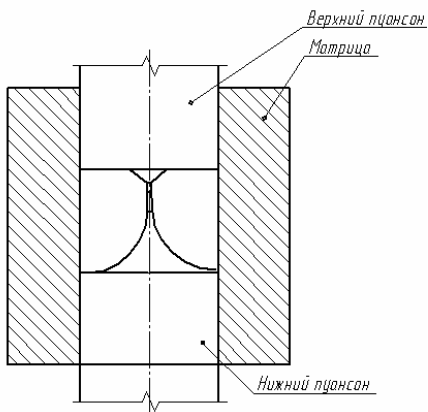


Рис.1 Оснастка для прессования

Важнейшим условием обеспечения стойкости элементов пресс-формы является правильный выбор материала, т.к. пресс-форма должна выдерживать высокие напряжения сжатия и растяжения и хорошо противостоять абразивному износу прессуемым порошком. Ввиду этого следует применять стали, обладающие высокой прочностью и износостойкостью. Износостойкость элемента пресс-формы оценивается количеством циклов прессования, при котором матрица изнашивается на 0,1 мм. Широкое применение для холодных штампов и пресс-форм получили инструментальные легированные стали, обладающие высокой износостойкостью, малой деформируемостью и другими особыми свойствами. Принимаем материал матрицы и пуансонов сталь ХВГ (ГОСТ 8560-78). Количество циклов прессования при усилии в 10 кН (как в нашем случае) для матрицы

составляет порядка 60 тысяч, для пуансонов – 70 тысяч циклов. Вид оснастка в сборке для прессования заготовок-волоков представлена на рисунке 1.

Поставленная цель по изготовлению волок для производства кордовой проволоки полностью себя оправдывает, т.к. большинство мировых производителей автомобильных шин используют белорусский металлокорд.

УДК 621.791.75.042

Выбор среды для механизированной дуговой сварки стали 09Г2С для основания кузова бортового автомобиля МАЗ-53366

Студент гр. 104815 Жукович Д.В.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является предложение по замене смеси CO_2 на $Ar+CO_2$, используемой при механизированной дуговой сварке стали 09Г2С плавящимся электродом.

В настоящее время сварка является неотъемлемой частью технологического процесса производства автомобиля, а также ремонта его сварных конструкций. Основание является частью кузова бортового автомобиля МАЗ-53366. Оно состоит из шестнадцати сборочных единиц и различных видов деталей. Одним из основных звеньев борта являются кронштейны, лонжероны, поперечины и балки. Бортовой автомобиль МАЗ-53366 предназначен для перевозки различных грузов. При их перевозке, основание, которое является неотъемлемой частью платформы, испытывает различные нагрузки. Данная конструкция изготавливается из стали марки 09Г2С.

09Г2С - низколегированная сталь, которая не требует термообработки до и после сварки. Она хорошо сваривается дуговой сваркой в защитных газах и автоматической сваркой под флюсом, не образуя при этом холодных и горячих трещин. Свойства сварного шва и околошовной зоны близки к свойствам основного металла. Как известно, на свариваемость сталей большое влияние оказывает их химический состав. Химический состав стали 09Г2С представлен в следующей таблице 1:

Таблица 1 - Химический состав стали марки 09Г2С, % (ГОСТ 19281-89)

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ni	As	S	P
Содержание	<0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	<0,3	<0,3	<0,3	<0,008	<0,08	<0,04	<0,035

Углерод является наиболее важным элементом в составе стали, определяющим почти все основные свойства стали в процессе обработки, в том числе свариваемость. Чем меньше углерода, тем лучше свариваемость. Эмпирически свариваемость можно определить по эквивалентному содержанию углерода по формуле:

$$C_s = C + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Mn/6 + Ni/15 + Cu/15 + 0,0024S,$$

где S - толщина свариваемых металлов, $C, Mn, Cr, Ni, Mo, V, Cu, P$ - содержание в процентах соответственно углерода, марганца, хрома, никеля, молибдена, ванадия, меди и фосфора.

Стали, у которых $C_s = 0,2...0,35$ свариваются хорошо, а при $C_s = 0,35...0,45$ свариваются удовлетворительно.

Для стали марки 09Г2С толщиной 3 мм, используемой для изготовления основания части кузова бортового автомобиля МАЗ-53366 эквивалентное содержание углерода равно:

$$C_s = 0,1 + 0,25/5 + 1,5/6 + 0,25/15 + 0,0024 \cdot 3 = 0,441\%.$$

Следовательно, сталь сваривается удовлетворительно без подогрева.

Легирующие элементы, растворяясь в феррите, уменьшают размер зерна и, увеличивая склонность аустенита к переохлаждению, способствуют измельчению карбидной фазы. Поэтому низколегированные стали, как пример этому сталь 09Г2С, по сравнению с углеродистыми сталями обыкновенного качества имеют более высокие значения временного сопротивления и предела текучести при сохранении хорошей пластичности, меньшей склонности к старению и хрупким разрушениям. Поэтому сталь 09Г2С подходит для сварных конструкций, работающих при низких (до $-70^\circ C$) и умеренных (до $+30^\circ C$) температурах и подвергающихся непосредственному воздействию статических и знакопеременных нагрузок. При подготовке основания из этой стали к сварке зачистке от масла, грязи и ржавчины подвергаются те поверхности, которые подлежат сварке.

Выбор способа и технологии сварки зависит от технических требований, предъявляемых к узлу, удобства эксплуатации, химического состава и технологических свойств свариваемой стали, возможности механизации и автоматизации процесса и его экономичности.

В настоящее время для сборки основания кузова бортового автомобиля МАЗ-53366 используют механизированную дуговую сварку в углекислом газе плавящимся электродом. Этот способ имеет ряд недостатков, так как требует дополнительных затрат на зачистку от брызг свариваемого металла и сопла горелки полуавтомата, причем брызги довольно сильно привариваются к металлу.

Во избежание вышеперечисленных недостатков в настоящей работе предлагается заменить механизированную сварку в углекислом газе плавящимся электродом на сварку в смеси состава $Ar+18\%CO_2$, а также заменить применяемое сварочное оборудование на более современное (применение инверторных источников питания).

По сравнению со сваркой в CO_2 сварка в смеси $Ar+CO_2$ позволяет улучшить показатели пластичности сварного шва. В таблице 2 приведены ориентировочные результаты статических испытаний сварных соединений из стали 09Г2С, выполненных в CO_2 и в смеси $Ar+CO_2$, на разрыв и угол загиба.

Таблица 2 – Механические свойства сварных швов из стали 09Г2С, выполненных в CO_2 и в смеси $Ar+CO_2$

Способ сварки	Предел прочности, МПа	Угол загиба, градусы
Сварка в CO_2 , проволока Св08Г2С	540...545	85...117
Сварка в смеси $Ar+CO_2$, проволока Св08Г2С	540...546	178...182

Испытания свидетельствуют, что показатели прочности при изменении состава защитной среды практически не меняются, а показатели пластичности (угол загиба) при сварке в смеси $Ar+CO_2$ в 1,8 раза выше, чем при сварке в CO_2 .

Существенно растет и ударная вязкость металла шва. Испытания, проведенные при температуре $T = 233K$ ($-40^{\circ}C$) показали, что ударная вязкость швов, сваренных в смеси $Ar+CO_2$, в два раза выше, чем при сварке в CO_2 . Это показывает особую целесообразность применения смеси $Ar+CO_2$ для сварки конструкций, эксплуатирующихся при отрицательных температурах в условиях переменных и ударных нагрузок.

Несмотря на то, что смесь $Ar+CO_2$ дороже чистого технического CO_2 , при выборе рациональной схемы снабжение предприятия смесью и с учетом затрат на зачистку свариваемого металла от брызг, сварка в смеси $Ar+CO_2$ в ряде случаев оказывается дешевле сварки в чистом углекислом газе.

Анализируя вышеперечисленные преимущества механизированной сварки в смесях $Ar+CO_2$ над сваркой в чистом CO_2 , как результат проведенных предварительных испытаний рекомендуется в качестве защитного газа использовать смесь $Ar+CO_2$.

УДК 621.79:669.017

Изучение структуры зоны термического влияния в стали 45 в зависимости от режимов ручной дуговой сварки

Студент гр. 104817 Громов С.А.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является исследование микротвердости и микроструктуры в сварных образцах, выполненных ручной дуговой сваркой.

К среднеуглеродистым конструкционным сталям по классификации, принятой в сварочной технике, относятся стали, содержащие 0,26—0,45% С. Эта группа сталей находит применение в судостроении, машиностроении и других отраслях промышленности для изготовления сварных изделий и конструкций, работающих в различных условиях при воздействии статических, циклических, ударных и других видах нагружения. Температурная область применения сварных изделий этих сталей $-5...+60^{\circ}C$.

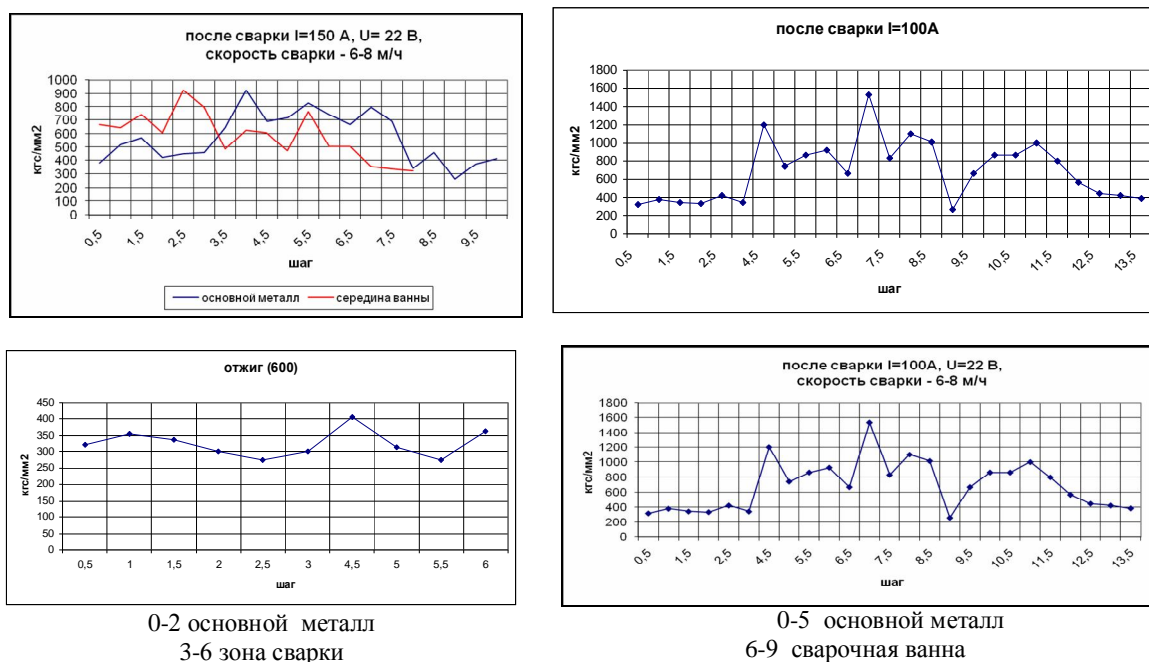
Свариваемость конструкционных среднеуглеродистых сталей определяется их способностью переносить тепловой режим сварки без образования в сварном соединении участков металла с пониженными пластическими свойствами, способствующими возникновению трещин или разрушению сварных соединений при эксплуатации. Повышенное содержание углерода предопределяет значительные трудности сварки этих сталей. В рассматриваемых сталях малопластичные и хрупкие участки образуются в зонах, где металл перегревается при сварке выше температур A_{c3} , а при последующем охлаждении в его структуре фиксируется наряду с мартенситом остаточный аустенит. Поэтому основным критерием свариваемости этих сталей явля-

ется склонность к холодным трещинам. Трещины могут возникать как в интервале температур образования мартенсита, так и спустя некоторое время после остывания сварного соединения. При этом, чем выше уровень остаточных напряжений, тем вероятнее образование холодных трещин.

Критическая скорость охлаждения среднеуглеродистых сталей при закалке намного ниже, чем у низкоуглеродистых сталей в связи с заметным увеличением интервала малой устойчивости аустенита. Поэтому при охлаждении этих сталей даже на воздухе часть аустенита может переохладиться и претерпевать превращение ниже температуры M_s . В условиях нагрева и охлаждения ЗТВ при сварке даже в наиболее перегретых участках с гомогенным аустенитом при повышенной скорости охлаждения может образовываться мартенсит.

В настоящей работе исследовали влияние режимов ручной дуговой сварки стали 45. Исходное состояние свариваемых сталей - закалка с отпуском (400 и 600 °С) и нормализация. Сварку осуществляли при следующих режимах: $I=150$ А, $I=100$ А, $U=22$ В, скорость сварки 6...8 м/ч.

Распределение микротвердости основного металла и участка ЗТВ в сварных образцах представлены на рисунках.



0-2 основной металл
3-6 зона сварки
0-5 основной металл
6-9 сварочная ванна

Рисунок 1 – Распределение микротвердости по сечению образца из стали 45 и ее участка ЗТВ (×500)

УДК 621.785.52

Исследование возможности использования гартцинка для цинкования стальных изделий методом термодиффузионного насыщения

Студент гр.104616 Резвицкий Н.С.
Научные руководители – Урбанович Н.И., Комаров О.С.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Основным методом борьбы с поверхностной коррозией стальных изделий является нанесение на их поверхность различных покрытий. Среди многочисленных защитных покрытий цинковые являются одними из наиболее эффективных и распространенных. Существует много способов цинкования, но широкое распространение получил способ горячего цинкования, основанный на взаимодействии поверхности цинкуемых изделий с расплавом цинка при температуре 440-480°C. Этот способ имеет недостатки, к основным из которых следует отнести: сложность получения равномерных по толщине покрытий при обработке мелкомерных и сложных по конфигурации изделий, склонность к деформации из-за быстрого нагрева и охлаждения.

Термодиффузионный метод цинкования изделий в отличие от горячего цинкования лишен ряда недостатков, присущих горячему цинкованию. Большим преимуществом этого способа является простота

осуществления технологического процесса в производственных условиях, отсутствие короблений и поволок изделий вследствие их медленного нагревания и охлаждения, получение ровного покрытия, точно воспроизводящего форму деталей, в том числе и со сложной конфигурацией, например, у резьбовых поверхностей.

В Республике Беларусь термодиффузионным методом осуществляют цинкование крепежных изделий на опытно-механическом заводе г.Фаниполя. По техническим требованиям покрытие для резьбовых соединений должно иметь светло-серую окраску и обеспечивать их свинчиваемость.

Термодиффузионное цинкование представляет собой нагрев изделий в порошковой смеси, в состав которой входит цинк в виде порошка. Цинковый порошок является относительно недорогим, но в Беларуси он не производится и требует валютных затрат на его закупку.

В то же время на РУП «Речицкий метизный завод» скопилось свыше 50 тонн цинкосодержащих отходов в виде гартцинка, который образуется в процессе горячего цинкования. Гартцинк состоит из цинка и интерметаллидов в виде Fe_nZn_m , содержание цинка в котором составляет около 80%, остальное – железо, кремний, никель, кальций, углерод.

Целью данной работы являлось исследование возможности использования гартцинка в составе порошковой композиции вместо порошка чистого цинка для термодиффузионного насыщения.

Для осуществления вышеназванной цели необходимо было получить из гартцинка порошок. Технология измельчения заключалась в предварительном дроблении слитка гартцинка на куски и последующем размоле их в смесителе при соотношении массы гартцинка к шарам 1 : 5. С целью получения частиц размером ≤ 160 мкм дальнейший размол осуществляли в атриторе.

Для изучения возможности использования гартцинка в составе порошковой композиции для цинкования стальных изделий методом термодиффузионного насыщения проводили предварительные исследования в лабораторных условиях. В качестве образцов использовали стальные болты, Фанипольского опытно-механического завода. Основным контролируемым параметром в данной серии экспериментов являлся цвет покрытия. Для цинкования образцов использовали несколько порошковых композиций, состав которых представлен в таблице 1.

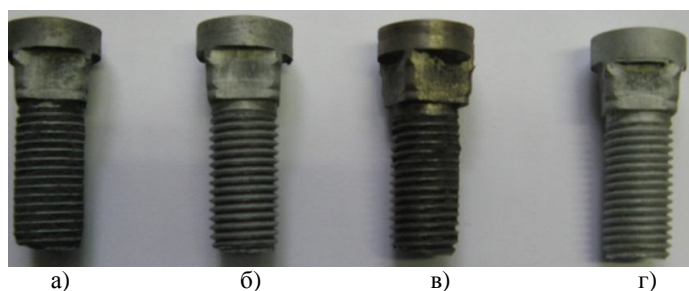
Таблица 1 – Влияние состава порошковой композиции на цвет цинкового покрытия

№ п/п	Состав порошковой композиции, % по массе	Цвет покрытия
1	Порошок гартцинка – 40 Оксид алюминия – 59 Хлористый аммоний -1	Светло-серый
2	Порошок гартцинка – 40 Песок – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый
3	Порошок цинка (ПЦ-4)– 40 Карунд – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый
4	Порошок гартцинка – 40 Порошок отработанного никелевого катализатора – 59 Хлористый аммоний -1	Темно-серый, покрытие неравномерное

Следует отметить, что состав насыщающей смеси под № 3 используется для цинкования изделий на Фанипольском опытно-механическом заводе. В качестве наполнителя состава № 4 послужил размолотый отработанный никелевый катализатор марки ГИАП -16, в состав которого входит около 80 % оксида алюминия.

Перемешивание порошковых компонентов в смеси проводили вручную в течение 3 минут. Образец в контейнере размещали таким образом, чтобы его окружал со всех сторон слой порошковой смеси толщиной не менее 20-30 мм. Далее уплотненную в контейнере смесь накрывали асбестовой крошкой толщиной 5 мм, поверх асбеста засыпали песок толщиной слоя 10 мм, а сверху борный ангидрид толщиной слоя 10 мм, который служил в качестве плавкого затвора. Контейнеры с образцами загружали в селитровую печь при температуре 400⁰С. Время выдержки для прогрева контейнеров после выхода печи на требуемую температуру устанавливали исходя из расчета 3 минуты на 1 см сечения контейнера. Время проведения процесса насыщения составило 4 часа.

На рисунке 1 показаны образцы, полученные после проведения процесса цинкования методом термодиффузионного насыщения, анализ которых показал, что смесь, состоящая из порошка гартцинка и наполнителя в виде оксида алюминия позволила получить покрытие требуемого светло-серого цвета.(рис 1 г).



- а- цинковое покрытие полученное в смеси № 3;
- б- цинковое покрытие полученное в смеси № 2;
- в- цинковое покрытие полученное в смеси № 4;
- г- цинковое покрытие полученное в смеси № 1

Рис 1-Образцы болтов с полученным цинковым покрытием в различных по составу порошковых смесях

Таким образом, проведенные эксперименты позволили установить, что гартцинк можно использовать для цинкования термодиффузионным методом. Дальнейшая разработка технологий нанесения цинкового покрытия на базе смесей, содержащих гартцинк, позволит не только расширить применение этого метода, но и обеспечить рециклинг цинка в промышленный оборот.

УДК 621.793

Модифицирование микротвердости поверхности сталей марок Ст3, 45, 40Х ионно-ассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий

Студент гр. 10 Понятовский М.Д.

Научный руководитель – Бобрович О.Г.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение микротвердости поверхности сталей Ст3, 45, 40Х, модифицированных ионно-ассистированным нанесением металлосодержащих (Ti) покрытий в различных технологических условиях.

Эксперименты по ионно-ассистированному осаждению металлосодержащих покрытий проводились с использованием вакуумного резонансного плазменно-дугового источника, который одновременно генерирует как нейтральный поток частиц, так и поток положительных ионов. Образцы для нанесения покрытий методом ионно-ассистированного осаждения изготавливались из сталей марок Ст3, 45 и 40Х в виде цилиндров толщиной 5 мм и диаметром 10 мм, которые шлифовались на наждачном круге разной зернистости, а затем подвергались полированию с применением окиси хрома и алмазных паст. Перед ионно-ассистированным нанесением покрытий поверхность очищалась, используя методику ионно-плазменного распыления в атмосфере аргона. Затем на подготовленные образцы-подложки наносились металлосодержащие покрытия титана при интегральных потоках ассистирующих ионов от $1,8 \times 10^{16}$ до $3,1 \times 10^{16}$ см⁻², энергия которых составляла 15 кэВ. Вакуум в мишенной камере при нанесении покрытий составлял $\sim 10^{-2}$ Па. Рассчитанные скорости осаждения тонких металлосодержащих покрытий составляли от 0,3 до 0,9 нм/мин.

Измерение микротвердости поверхности сталей, модифицированных и исходных, проводилось на приборе ПМТ-3 методом Виккерса. Нагрузка на алмазную пирамиду составляла 100 гс. Проводили 15 измерений диагонали отпечатка алмазной пирамиды на одном образце, по которым рассчитывали среднее значение микротвердости \bar{H}_μ и погрешность измерения $\Delta H_{\mu сл.}$. Чтобы исключить влияние масштабного эффекта, относительное изменение микротвердости модифицированных образцов определялось для одинаковых глубин проникновения индентора.

Сравнительные данные об изменении микротвердости сталей разного состава, модифицированных ионами титана различными интегральными потоками, приведены в таблице.

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют о том, что при нанесении металлосодержащих (Ti) покрытий в условиях ассистирования ионами Ti⁺ на стали разных марок, достигается увеличение относительного изменения твердости по мере усиления ее легирования углеродом и далее хромом (рис.). Отчасти данный эффект можно связать с наличием в исходных образцах легирующей примеси, которая совместно, наряду с имплантированным титаном, способствует закреплению дислокаций, образующихся в процессе

испытаний образцов на твердость. Анализируя числа микротвердости для исходных и модифицированных образцов, необходимо отметить, что в пределах одного образца микротвердость отдельных фаз и зерен может изменяться на ~70 процентов. Это свидетельствует о неоднородности модифицированной поверхности, наличии на ней различных фаз (например, силицидов или карбидов) с различной микротвердостью.

Таблица – Числа микротвердости H_{μ} исходных образцов сталей и сталей, модифицированных нанесением металлосодержащего покрытия в условиях ассистирования ионами Ti^{+}

Марка стали	Ст3		45		40X		
Образец	исходный образец	доза $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	исходный образец	доза $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	исходный образец	облучен. $1,8 \cdot 10^{16}$ см ⁻²	доза $3,1 \cdot 10^{16}$ см ⁻²
\bar{H}_{μ} , МПа	1494	1682	1969	2638	2709	3923	5222
ΔH_{μ} сл., МПа	97	95	97	139	151	284	511
ε , %	7	6	5	5	6	7	10
$\frac{\bar{H}_{\mu}^{obl} - \bar{H}_{\mu}^{исх}}{\bar{H}_{\mu}^{исх}}$, %	–	13	–	34	–	45	93

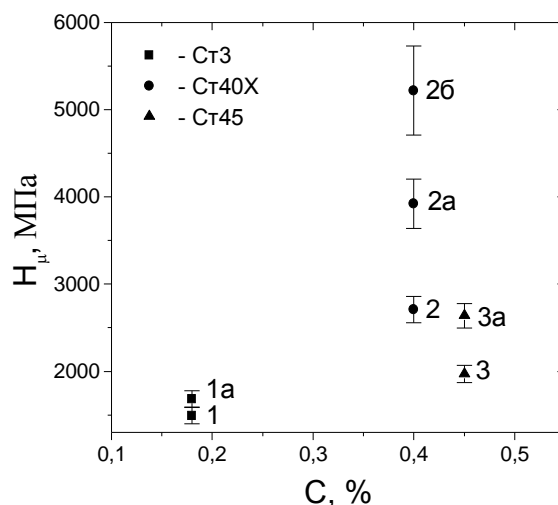


Рисунок – Зависимость микротвердости от содержания углерода в стали разных марок, модифицированных нанесением металлосодержащего покрытия в условиях ассистирования ионами Ti^{+} при различных интегральных потоках (а – $1,8 \cdot 10^{16}$ см⁻², б – $3,1 \cdot 10^{16}$ см⁻²). Исходные образцы: 1 – сталь Ст3, 2 – сталь 40X, 3 – сталь 45.

Облученные образцы: 1а – сталь Ст3, 2а и 2б – сталь 40X, 3а – сталь 45.

Из анализа приведенных в таблице и на рисунке данных следует, что при сравнимых интегральных потоках ассистирующих ионов титана относительное изменение твердости больше у стали марки 40X (~45 %), в то время, как для стали марки 45 увеличение твердости составляет ~30 %, а в Ст3 всего ~10 %. Результаты, полученные при изучении прочностных характеристик модифицированных сталей, отражают существенное увеличение микротвердости стали при различных интегральных потоках ассистирующих ионов титана. Так увеличение интегрального потока ассистирующих ионов Ti^{+} до $3,1 \cdot 10^{16}$ см⁻² для стали 40X относительное изменение микротвердости составляет уже ~90 %. Мы объясняем это тем, что с возрастанием интегрального потока ассистирующих ионов, увеличивается время осаждения покрытий, а следовательно и толщина нанесенного покрытия. Поэтому происходит возрастание объемной доли упрочняющих фаз в покрытии, что приводит к возрастанию микротвердости модифицированной поверхности стали.

Для определения оптимальных условий модифицирования стали разных марок для увеличения микротвердости их поверхности необходимы дальнейшие исследования, в том числе определение микротвердости при меньших нагрузках на алмазную пирамиду, анализ зависимости микротвердости образца от глу-

бины проникновения индентора, дальнейший анализ влияния дозы облучения на микротвердость образца, а также изучение элементного состава покрытий и глубинного распределения элементов, как в покрытии, так и в подложке.

УДК 621.35.035.22

Композиционные электроды на основе углеродных материалов для химических источников тока

Студентка 5 курса 12 группы ХТиТ Валуй А.А., студентка 4 курса 11 группы Мороз Е.М.
Научные руководители – Иванова Н.П., Жилинский В.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В настоящее время наиболее перспективными источниками тока для электронной техники, автомобильного и железнодорожного транспорта являются кислородно-водородные или воздушно-водородные топливные элементы (ТЭ). По сравнению с другими кислородно(воздушно)-водородные ТЭ обладают более высокими удельными характеристиками, длительным ресурсом эксплуатации. Принципиальные улучшения характеристик вышеперечисленных источников тока осуществляются путем применения новейших достижений нанотехнологии в области синтеза нанокатализаторов для электродных материалов.

Целью научной работы является исследование композиционных электродов на основе углеродных материалов для кислородно- или воздушно-водородных ТЭ. В качестве возможных материалов для водородного электрода исследовали гладкий графит МПГ, никель с пористостью 15, 20, 45 %, спеченный губчатый никель, электрод из стальной сетки X18H10T, электроды на основе стальной сетки с электрохимически нанесенными никелевыми покрытиями, содержащими углеродные наноматериалы (УНМ). Электрохимическое осаждение композиционного покрытия никель-УНМ на стальной сетке осуществляли в электролите никелирования состава (г/л): $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 320; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 55; H_3BO_3 – 40; RADO 2 – 2–3 $\text{см}^3/\text{дм}^3$; RADO 057M – 3–6 $\text{см}^3/\text{дм}^3$; УНМ – 0,5. Параметры электролиза соответствуют ГОСТу для осаждения композиционных покрытий. Габаритная плотность тока составляла 4 $\text{А}/\text{дм}^2$, время электролиза 2,5 ч.

Электрохимические исследования электродных материалов проводили при помощи потенциостата ПИ 50-1.1 с программатором напряжений Пр-8. Для автоматической регистрации зависимости $i = f(E)$, использовался двухкоординатный графопостроитель, показания которого оцифровывали при помощи ЭВМ. Исследования проводили в 40% NaOH при площади электродов 1,5–4 см^2 . В качестве противоиэлектрода использовали электрод, изготовленный из стальной сетки X18H10T. I, E-кривые для исследуемых материалов получены в потенциодинамическом режиме без зарядки при скоростях развертки потенциала $v = 100$ мВ/с, $v = 50$ мВ/с, $v = 20$ мВ/с. Измерения потенциалов проводили с помощью хлорсеребряного насыщенного электрода сравнения при комнатной температуре. В последующем все значения потенциалов пересчитывали относительно нормального водородного электрода. Циклические вольт-амперные кривые для электрода сталь X18H10T(сетка)–Ni(85%)–УНМ (15%) показаны на рисунке 1, данные занесены в таблицу 1.

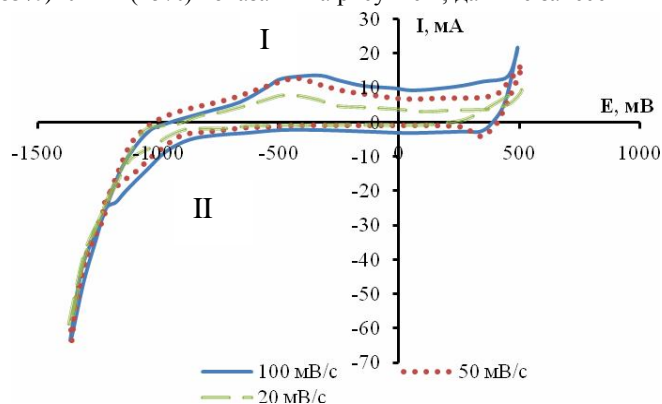


Рисунок 1 – I, E кривые для электрода – сталь X18H10T(сетка)–Ni(85%)–УНМ (15 %) в 40 % NaOH при разных скоростях развертки потенциала

Таблица 1 – Влияние материала газодиффузионного электрода на водородосорбционную емкость в потенциодинамическом режиме

Скорость развертки, мВ/с	Потенциал пика, мВ	Максимальная плотность тока, мА/см ²	Водородосорбционная емкость, мКл/см ²
20	-440	4	106,6
50	-440	6,5	168
100	-360	7	186

На кривых видны две области – I (десорбция водорода), II (адсорбция и выделение водорода). Максимальный ток десорбции составил 10,4 мА при потенциале -400 мВ. При сдвиге потенциала в область электроположительных значений и достижении потенциала 450 мВ на электроде начинается процесс выделения кислорода.

Вторым этапом исследования являлось изучение заряд-разрядных характеристик. Зарядку производили в потенциостатическом режиме при потенциалах $E_z = -0,8$ В, $-0,9$ В, $-1,0$ В, $-1,2$ В и разрядку в гальваностатическом режиме. Регистрацию потенциала рабочего электрода осуществляли с помощью рН-метр-милливольтметр рН-150. Напряжение на ячейке контролировали при помощи вольтметра М2018. Полученные экспериментальные результаты для различных электродных материалов представлены в таблице 2.

Используя полученные данные, рассчитывали водородосорбционную емкость газодиффузионных электродов на единицу поверхности по формуле

$$C_p = I_p \cdot \tau / S, \quad (1)$$

где I_p – ток разряда, мА;
 τ – время разряда, с;
 S – площадь электрода, см².

Таблица 2 – Влияние материала газодиффузионного электрода на водородосорбционную емкость в потенциостатическом режиме

Материал электрода	Ток разряда, мА/дм ²	Потенциал заряда, В	Водородосорбционная емкость, мКл/см ²
Никель пористостью 15%	0,4	-1,52	0,72
Никель губчатый	1,2	-1,0	1,86
Никель пористостью 20%	0,6	-1,62	1,98
Графит МПГ	0,7	-1,0	2,9
Никель гладкий	2,8	-1,0	4,0
Сталь X18Н10Т (сетка) + Ni (90,2%)+ УНМ (9,8%)	0,2	-1,41	6,24
Сталь X18Н10Т (сетка)	100	-1,2	42
Сталь X18Н10Т (сетка) + Ni (85%)+ УНМ (15%)	220	-1,1	1320

Наибольшей водородосорбционной емкостью обладает композиционный электрод сталь X18Н10Т (сетка)–Ni(85%)–УНМ(15%). Таким образом, введение углеродных наноматериалов в состав композиционного покрытия электрода из нержавеющей стали значительно повышает его водородосорбционную емкость и ток адсорбции водорода и позволяют рекомендовать для использования в качестве водородного электрода для химических источников тока.

УДК 621.35.035.032.22

Композиционные аноды на основе оксидов кобальта для электрохимического получения гипохлорита натрия

Студенты ХТиТ Булавко Е.И., Лисовская Т.Ч.
 Научные руководители – Иванова Н.П., Великанова И.А.
 Белорусский государственный технологический университет
 г.Минск

Среди четырёх неорганических гипохлоритов, имеющих промышленное значение, гипохлорит натрия является безусловным лидером, занимая 91 % мирового рынка. Около 67 % всего гипохлорита натрия используется в качестве отбеливателя и 33 % для нужд дезинфекции и очистки. Раствор гипохлорита натрия (3 – 6 %) находит широкое применение в бытовой химии и входит в качестве активного ингредиента много-

численных средств, предназначенных для отбеливания, очистки и дезинфекции различных поверхностей и материалов. В современной медицинской практике антисептические растворы гипохлорита натрия (0,06 %) используются, в основном, для наружного и местного применения в качестве противовирусного, противогрибкового и бактерицидного средства при обработке кожи, слизистых оболочек и ран. Раствор гипохлорита натрия (10 – 12 %) широко используется в качестве отбеливателя и пятновыводителя в текстильном производстве и промышленных прачечных и химчистках; в целлюлозно-бумажной промышленности для отбелики древесной массы; для дезинфекции питьевой воды перед подачей в распределительные системы городского водоснабжения; воды плавательных бассейнов и прудов; для обработки бытовых и промышленных сточных вод, очистки от органических и неорганических примесей; в пищевой промышленности – для дезинфекции систем, трубопроводов, резервуаров.

Для электрохимического производства гипохлорита натрия к электродным материалам предъявляется ряд требований, которые определяют качество продукта. Это и низкая поляризация электрода, и селективность по отношению к выделению хлора, и высокая коррозионная стойкость. Этим условиям в полной мере удовлетворяют графитовые, оксидные рутениево-титановые и платино-титановые электроды. Однако выше перечисленные электроды имеют ряд недостатков, ограничивающих их использование. В настоящее время представляют интерес композиционные аноды с активным слоем из оксидов кобальта ввиду их высокой электрокаталитической активности и селективности к реакциям выделения хлора.

Целью настоящей работы является синтез композиционных электродных материалов на основе оксидов кобальта, исследование их электрохимических свойств при получении водного раствора гипохлорита натрия.

В качестве электродной основы использовали пластины из гладкого титана ВТ 1-0. Подготовка поверхности титана заключалась в обезжиривании в растворе Na_2CO_3 – 30 г/л в течение 10 мин при температуре 40 – 60 °С и травлении в смеси серной (50 масс.%) и плавиковой (50 масс.%) кислот в течение 2 – 3 мин при температуре 20 – 25 °С. Композиционные аноды готовили путем термолиза растворов ацетата кобальта, гидроксохлорида рутения и тетрахлорида титана. Необходимое содержание кобальта, рутения и титана в активном слое обеспечивали соответствующим выбором концентрации растворов ацетата кобальта, гидроксохлорида рутения и тетрахлорида титана и объемом наносимого раствора. Покрытие наносили в 4 слоя. Каждый нанесенный слой раствора высушивали в муфельной печи при температуре 150 °С в течение 5 мин. После нанесения последнего слоя электрод подвергали заключительному обжигу при температуре 350 °С в течение 1,5 часов.

Исследование полученных образцов проводили с помощью потенциостата ПИ – 50-1-1 и программатора ПР – 8. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод марки ЭВЛ–1М1, в качестве вспомогательного – пластину из нержавеющей стали. Информацию о каталитической активности полученных электродных материалов изучали

методом снятия потенциостатических поляризационных кривых в растворе хлорида натрия натрия концентрацией 50 г/л.

Оксидно-кобальтовые аноды обладают довольно низким перенапряжением и высокой селективностью к реакциям выделения хлора. Каталитическую и электрохимическую активность покрытия можно объяснить наличием структурных дефектов в решетке $\text{Co}_{3-x}\text{O}_4$ – катионных вакансий, возникающих при изготовлении электрода. Электрокаталитическая активность оксидно-кобальтового анода может быть повышена введением диоксида рутения. Установили, что высокую электрохимическую активность в растворе хлорида натрия 50 г/л при плотности тока 100 мА/см² проявляет оксидный кобальто-рутениевый электрод с содержанием оксида RuO_2 – 2 масс.%. Это обусловлено высокой каталитической активностью диоксида рутения к реакции выделения хлора.

С целью увеличения коррозионной стойкости электродов в активное покрытие вводили диоксид титана. Содержание TiO_2 в активном покрытии несколько увеличивает поляризацию электрода, но при этом оксидный кобальто-рутениево-титановый электрод обладает удовлетворительными характеристиками, позволяющие использовать синтезируемый электрод при электрохимическом способе получения гипохлорита натрия.

При сравнении оксидных кобальто-рутениевого и кобальто-рутениево-титанового электродов между собой (рис. 1) выяснили, что наибольшую активность и селективность для процесса получения гипохлорита натрия проявляет оксидный кобальто-рутениевый анод с содержанием оксида рутения 2 масс.%, так как для него характерна самая низкая анодная поляризация, т. е. становится возможным достижение больших токов при сравнительно невысоких потенциалах.

При использовании оксидного кобальто-рутениевого электрода (RuO_2 – 2 масс.%) в качестве анода средний выход по току гипохлорита натрия составляет 72,98 %, а содержание гипохлорита натрия в растворе изменяется в интервале 0,615 – 6,947 г/л в течение 5 часов электролиза в 50 г/л NaCl при плотности тока 100 мА/см².

Высокую активность проявляют также электроды с содержанием в покрытии диоксида титана (оксидный кобальто-рутениево-титановый электрод, $\text{Co-Ru:Ti} = 90:10$ мол.%). Выход по току на этом электроде

в среднем составляет 84,60 %, спустя 3 часа электролиза в 50 г/л NaCl и анодной плотности тока 100 мА/см² происходит повышение концентрации гипохлорита натрия от 0,931 до 4,936 г/л.

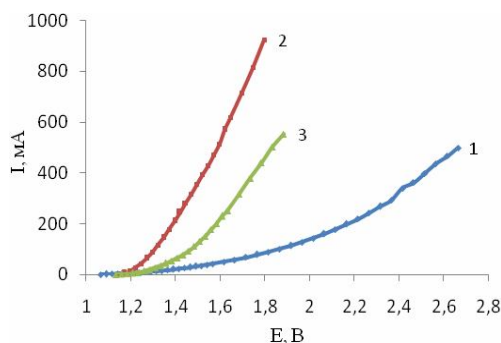


Рисунок 1 – Поляризационные кривые анодного процесса: 1 – оксидный кобальтовый электрод; 2 – оксидный кобальто-рутениевый электрод (RuO₂ – 2 масс. %); 3 – оксидный кобальто-рутениево-титановый электрод

Для сравнения, выход по току на оксидном кобальтовом электроде составляет 71,10 %, а концентрация гипохлорита натрия в растворе изменяется в интервале 0,981 – 5,493 г/л в течение 3 часов электролиза в 50 г/л NaCl при плотности тока 100 мА/см².

Таким образом, высокая селективность и стабильность композиционных анодов на основе оксидов кобальта делают их перспективными электродными материалами для процесса получения растворов гипохлорита натрия.

УДК 621.744

Технология получения наноструктурированных порошков гидроксида алюминия

Студент группы 104615 Маскаленко Н.С.,¹

Научный руководитель – Судник Л.В.²

¹Белорусский национальный технический университет г. Минск

²ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси»
г. Минск

Актуальность разработки. Развитие электронной, приборостроительной, ядерной техники и энергетики приводят к возрастающей роли оксидной керамики, наиболее перспективной из которой является алюмооксидная. Оксид алюминия обладает термической, химической и механической устойчивостью, высокой технологичностью, позволяющей изготавливать из оксида алюминия разнообразные изделия от беспористых (спеченные материалы) до высокопористых (теплоизоляционных), при этом могут использоваться все известные способы формования. Основные области практического применения гидроксидов и оксидов алюминия: керамические, композиционные, электроизоляционные, абразивные, адсорбционные, каталитические и другие материалы.

Методика проведения эксперимента. Анализ имеющихся данных позволил выбрать метод гидротермального синтеза при повышенных температурах и давлении в качестве перспективного для получения порошков гидроксида алюминия в ультра- и нанодисперсном состоянии. Получение гидроксида алюминия включает приготовление суспензии мелкодисперсного порошкообразного алюминия в воде, создание в специальном реакторе давления насыщенных паров, распыление суспензии в реактор высокого давления, вывод из реактора гидроксида алюминия в приемное устройство. При этом осуществляют контроль температуры и давления газовой смеси в реакторе.

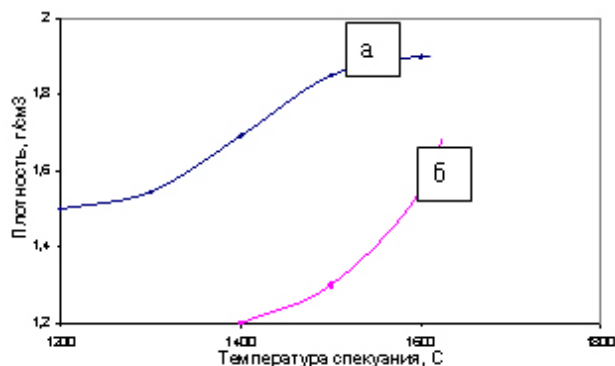
При сверхкритических параметрах воды ($T_{кр} = 374,2$ °С, $P_{кр} = 217,6$ атм) почти полностью разрушаются водородные связи и молекулы воды не проявляют взаимосвязанности. Из полярной жидкости вода превращается в неполярную среду, в которой скорость диффузии возрастает, а окисляющая способность среды резко повышается. В водных средах, при сверхкритических параметрах состояния, коэффициенты диффузии характеризуются высокими значениями, а сопротивление массообмену практически отсутствует, так что обеспечиваются все условия для протекания реакций с высокой скоростью.

В ходе проведения экспериментальных исследований определяли парциальное давление насыщенного водяного пара в реакторе и парциальное давление водорода. Учитывая свободный объем реактора и массу вводимого в состав суспензии алюминия, по установленным зависимостям производили регулировку давления и температуры в реакторе. В данной работе проведены исследования фазового состава получаемых по-

рошков и установлено, что он зависит от уровня давлений и температур в реакторе и регулируется соотношением реагентов в рабочей суспензии.

Результаты исследований.

Были исследованы технологические свойства полученного порошка гидроксида алюминия. Насыпной плотности зависит от плотности укладки частиц и определяется размером частиц и их распределением по фракциям. Плотность укладки частиц зависит от степени заполнения мелкими частицами пустот между крупными гранулами. Высокая дисперсность исходных порошков оказывает положительное влияние на активацию процессов усадки при термической обработке. Требуемая дисперсность достигается условиями синтеза и размола. Морфология исходных частиц также влияет на технологические свойства (рисунок 1). Вытянутые исходные зерна в виде коротких волокон снижают плотность и приводят к повышенным значениям параметров усадки при спекании, что делает невозможным получение деталей сложной формы. Процесс уплотнения при этом идет в более узком, чем для одноосных порошков температурном интервале.



а) круглые зерна; б) удлиненные зерна

Рисунок 1 – Кривые уплотнения (модельный порошок Al_2O_3)

Насыпная плотность порошка, применяемого без дополнительной термообработки, составил $0,59 \text{ г/см}^3$. Наиболее однозначной характеристикой порошков, определяющей насыпную плотность, является удельная поверхность. По результатам исследований можно говорить о возрастании насыпного веса при уменьшении удельной поверхности порошка.

Текучесть порошка зависит от следующих факторов: размер и форма частиц, состояние поверхности частиц и коэффициент трения. Наличие на поверхности частиц адсорбированной влаги, содержание большого количества субмикронных частиц приводит к снижению текучности, поэтому при работе на пресс-автоматах в условиях массового производства следует применять не $\gamma\text{-AlOОН}$, а порошок в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -фазе, так как текучесть последнего выше, а структура материала является более гомогенной. Повышение текучности порошков достигается с помощью применения термической обработки или изменением параметров синтеза алюмооксидных порошков.

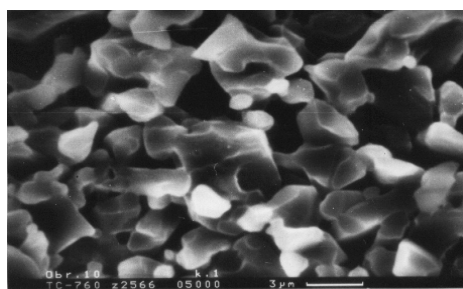


Рисунок 2 Структура материала из порошка $\gamma\text{-AlOОН}$ (малая текучесть)

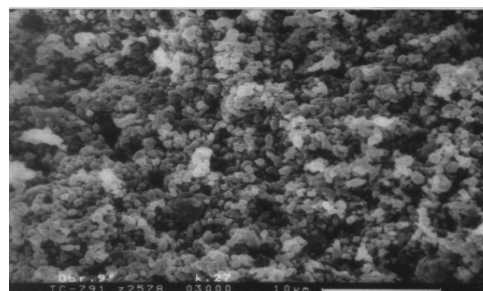


Рисунок 3 Структура материала из порошка $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (порошок после отжига при $450 \text{ }^\circ\text{C}$)

В характеристике прессуемости различают уплотняемость и формуемость порошков. Уплотняемость определяется построением диаграмм прессования – зависимостей плотности спрессованных образцов от давления прессования. Синтезируемые порошки, независимо от фазового состояния, обладают отличной формуемостью, даже при малых давлениях прессования ($<1 \text{ т/см}^2$) без связки позволяют получать прессов-

ки, имеющие прочность на сжатие ~5 МПа, что позволяет их транспортировать на дальнейшие технологические операции (например, спекание) с сохранением формы изделий.

Выводы. Метод гидротермального синтеза является перспективным для получения порошка гидроксида алюминия. Проведенными исследованиями установлена возможность регулирования фазового состава получаемых порошков посредством изменения технологических условий (давления, температуры и состава суспензии).

Охрана труда и промышленная безопасность

Студентка гр.105417 Яцковская А.В.
Научный руководитель – Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Нет ничего более ценного, чем жизнь. Нет ничего более очевидного и неопровержимого для человечества, чем право на жизнь. Большая часть населения мира проводит более трети сознательной жизни на рабочем месте, внося свой вклад в развитие общества. Право работников на охрану их здоровья и жизни на рабочем месте входит в компетенцию не только трудового права, но и считается одним из основных прав человека.

Защита прав и свобод работников в сфере труда обеспечивается с помощью международных трудовых стандартов. основополагающие принципы прав человека в сфере труда отражены в Уставе Международной организации труда (МОТ), Филадельфийской декларации, ряде международных документов, устанавливающих трудовые стандарты, и в Программе достойного труда.

По оценкам МОТ, в мире ежегодно происходит 2,3 млн связанных с работой смертных случаев, примерно 358 тыс. несчастных случаев со смертельным исходом, около 1,95 млн чел. умирают от профессиональных заболеваний. Экономические потери от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в глобальном масштабе составляют 4 % мирового ВВП.

Все больше белорусских предприятий осознают, что безопасность и здоровье рабочей силы – это ценный ресурс, а не трата средств. Вложение средств в создание нормальных условий труда – это хороший бизнес и необходимое условие для успешного сотрудничества на мировом рынке. Выбирая себе партнеров, предприятия изучают их финансовую отчетность, людской потенциал и документацию по охране труда.

Кратная статистика о производственных травмах на предприятиях Беларуси за 2009 год:

- численность потерпевших при несчастных случаях на производстве составила 2800 тыс. человек;
- в результате несчастных случаев на производстве погибло 186 человек (6,7 % общей численности потерпевших);
- уровень производственного травматизма составил 0,7 человека на 1000 работающих.

Следует отметить, что в Республике Беларусь на протяжении последних пяти лет отмечается устойчивая тенденция снижения числа несчастных случаев на производстве, в том числе и с тяжелыми последствиями. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2009 году производственные травмы получили 2800 работающих, что на 6,7 % меньше, чем в 2008 году и на 47,3 % - чем в 2004 году.

Три основных правила, которые отражены во всех стандартах МОТ, посвященных охране труда, и в политике МОТ в этой сфере, касаются следующего:

- труд должен осуществляться в условиях здоровой и безопасной производственной среды;
- условия труда не должны причинять ущерб здоровью работника и унижать его человеческое достоинство;
- труд должен предоставлять реальную возможность для развития личности, самореализации и служения обществу.

Для выполнения этих задач на белорусских предприятиях, могут быть предложены меры совершенствования условий труда и предупреждения производственного травматизма:

- разработка политики охраны труда для каждого конкретно взятого предприятия;
- организация мероприятий по охране труда с определением ответственности, налаживанием передачи и обмена информацией;
- планирование и осуществление задач на основе оценки рисков и использования защитных и профилактических мер;
- оценка, мониторинг и определение результативности принимаемых мер по охране труда;
- участие работников при принятии мер по охране труда.

Благодаря реализации предложенных мер по предотвращению несчастных случаев и случаев ухудшения состояния здоровья работников белорусские предприятия могут получить следующие преимущества:

- повышение производительности труда;
- уменьшение сумм исков о компенсации морального ущерба;
- повышение удовлетворенности работников и улучшение их морального духа;
- сокращение расходов по страхованию работников;
- улучшение репутации компании;
- уменьшение текучки кадров.

Вложение средств в охрану труда – это обязанность каждого руководителя, потому что такое вложение оказывает позитивное и продуктивное воздействие на производительность отдельных предприятий и всей национальной экономики в целом.

УДК 658.345 +621.3.014

Безопасность труда персонала при воздействии электрических полей токов промышленной частоты

Студентка гр. 101958 Гришанович С.В.
Научный руководитель – Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на организм производится по величине электромагнитной энергии, поглощенной телом человека.

Воздействие зависит от напряженности тока и длительности пребывания в зоне его влияния, которой называют пространство, где напряженность электрического поля $E \geq 5$ кв/м. Граница зон влияния расположена на расстоянии от ближайших токоведущих частей по воздуху: при напряженности 400 и 500 кВ ~ 20 м; при 750 кВ ~ 30 м.

Величина напряженности поля определяется расстоянием от токоведущих частей установки до места нахождения человека.

Например, напряженность электрической составляющей поля в распределительных устройствах напряжением 500 кВ на высоте роста человека может достигать значений $E = 3 - 15$ кв/м, а емкостной ток, протекающий через тело человека, может быть около 400 – 520 мкА (0,4 – 0,52 мА). Прикосновение человека, находящегося в электрическом поле к заземленным конструкциям сопровождается искровым разрядом.

В большинстве случаев электротехнический персонал электрических подстанций выполняет оперативные работы на действующем оборудовании (линии под напряжением переключения на ПС).

Результаты измерений напряженности электрического поля на ВЛ 110, 330 кВ, ПС «Колядичи», «Северная», «Борисов» показали, что из 120 обследованных зон в 96 зонах величина напряженности превышает 8 кв/м. Допустимые уровни напряженности ЭП зависят от времени пребывания человека в опасной зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов допускается при напряженности ЭП не более 5 кв/м. При уровне напряжения 5 – 20 кВ/м время допустимого пребывания составляет: $T = 50/E - 2$.

Для защиты персонала от действия поля тока промышленной частоты при работах в электроустановках напряжением 330 – 750 кВ применяют защитный (экранирующий костюм, сетчатые экраны, навесные экранирующие козырьки и троссы, которые надежно заземлены).

Для защиты проходов и дорожек используется прутковая сталь и троссы, натянутые параллельно на расстоянии 15 – 20 см.

Защитный костюм более чем в 16 раз снижает ток, протекающий через тело человека.

На основании массовых обследований населения, проживающего в условиях облучения магнитными полями ЛЭП в качестве безопасного уровня для условий продолжительного облучения, не приводящего к онкологическим заболеваниям, рекомендована величина плотности потока магнитной индукции 0,2 – 0,3 мкТл. При этом считается, что развитие лейкемии очень вероятно при продолжительности облучения человека полями более высоких уровней (несколько часов в день, особенно в ночные часы в течение периода более года).

Основной способ защиты здоровья населения от электромагнитного поля ЛЭП состоит в установлении санитарно-защитных зон (СЗЗ) для линий электропередачи и снижении напряженности электрических полей (ЭП) в жилых зданиях и в местах продолжительного пребывания людей путем применения защитных экранов. Границы СЗЗ для ЛЭП на действующих линиях определяются по критерию напряженности электрического поля – 1 кв/м и составляют: 330 кВ ~ 20 м; 500 кВ ~ 30 м; 750 кВ ~ 40 м; 1150 кВ ~ 55 м. К размещению ВЛ ультравысоких напряжений (750 и 1150 кВ) предъявляются дополнительные требования по условиям воздействия ЭП на население. Так ближайшее расстояние от оси проектируемых ВЛ 750 и 1150 кВ до границ населенных пунктов должно составлять не менее 250 и 300 м соответственно.

В случае, если напряженность ЭП за пределами СЗЗ окажется выше ПДУ (0,5 кв/м внутри здания и выше 1 кв/м на территории жилой застройки в местах возможного пребывания людей) должны приниматься меры для снижения напряженности (на крыше здания размещается металлическая сетка с заземлением не менее чем в двух точках, на приусадебных участках устанавливаются защитные экраны в виде железобетонных или металлических заборов, троссовых экранов, деревьев или кустарников высотой не менее двух метров, поглощающих энергию поля).

Пока знания относительно воздействия магнитного поля (в частности магнитной составляющей ЭП) на здоровье остаются неполными следует принять метод «разумного предотвращения» принятый мировой практикой, т.е. предпринимать превентивные меры по обеспечению безопасности, не предполагающие больших расходов и технических неудобств.

УДК 658.345:004.92

Мультимедийные технологии на службе охраны труда

Студент гр.110426 Ганич М.А.
Научный руководитель – Вершена Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основной причиной несчастных случаев на производстве являются неправильные действия человека (ошибки и нарушения), чаще всего нарушения совершают сами пострадавшие. Результаты ряда исследований говорят о том, что как минимум 90 % несчастных случаев связано с так называемым человеческим фактором. Поэтому одни только технические и организационные мероприятия не могут полностью решить задачу снижения травматизма. Необходимо целенаправленное воздействие на самих работающих, причем, не только с целью повышения их уровня знаний по охране труда, но и для того, чтобы изменить их поведение и отношение к вопросам безопасности.

Одним из основных условий снижения производственного травматизма на предприятиях транспорта является совершенствование технологии обучения работников вопросам безопасности и охраны труда. В отличие от унылых и безликих программ по контролю знаний, яркие и увлекательные мультимедийные системы вызывают интерес у работников к процессу обучения по охране труда, способствуя более эффективному усвоению нужной информации.

Компьютерные программы «Наглядная безопасность и охрана труда» включают в себя порядка десяти тысяч рисунков, фотографий, схем и комиксов со звуковым сопровождением, а также фрагменты видеofilмов и анимации. Эти программы все шире используются на различных предприятиях.

Во многом преимущества компьютерных технологий обучения связаны с тем, что пропускная способность зрительного анализатора, с помощью которого человек получает информацию от компьютера, значительно выше, чем пропускная способность, например, слухового анализатора. Не случайно инженерная психология утверждает, что 80 – 90 % информации человек получает с помощью зрения, а в старой пословице говорится, что «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать».

При получении информации в виде изображений «включается» правое полушарие головного мозга, которое отвечает за формирование образного мышления, а это способствует переводу информации в подсознательную память. Информация в виде изображения воспринимается от целого к частному, а не наоборот, как, например, при восприятии текстов.

Важно, что при использовании компьютерных обучающих программ затрагивается не только область профессиональных знаний работника, но и задействуется эмоциональная сфера. Фотографии и видеофрагменты с мест происшествий (авария на железнодорожном переезде, падение автомобильного крана, безысходность для множества людей при пожаре, репортаж из больницы о пострадавшем от несчастного случая, результаты аварии при работе погрузчика и т.п.), оставляют более яркий след в памяти, чем словесное описание. Это немаловажно, поскольку причиной несчастных случаев часто является даже не отсутствие необходимых знаний, а элементарная потеря чувства опасности.

В программах рассматриваются вопросы безопасности труда для различных профессий и видов работ, распространенных на транспортных предприятиях. Тематика программ серии уже сейчас достаточно обширна.

Перечислим только некоторые из них: «Безопасная эксплуатация автотранспортных средств и перевозка грузов»; «Безопасность труда при техническом обслуживании и ремонте автомобилей»; «Безопасность на железнодорожных переездах»; «Требования безопасности при работе на железнодорожных путях (предупреждение травмирования в результате наездов подвижного состава)»; «Требования безопасности при эксплуатации погрузчиков»; «Безопасность труда при сварочных работах»; «Стропальщику о требованиях безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ кранами»; «Стропальщику о безопасной строповке и складировании грузов»; «Мультимедийное пособие на основе типовой инструкции для стропальщиков»; «Стропальщику о грузоподъемных машинах и требованиях безопасности к ним»; «Безопасность при работе с ручным электро- и пневмоинструментом»; «Требования безопасности при обслуживании сосудов под давлением»; «Пожарная безопасность»; «Электробезопасность»; «Первая дорачебная помощь»; «Безопасность труда при работе с ручным слесарным инструментом» и др.

Опыт применения компьютерных программ из серии «Наглядная безопасность и охрана труда» на многих транспортных предприятиях свидетельствует, что мультимедийные компьютерные технологии по обучению вопросам охраны труда и промышленной безопасности с интересом встречены работниками, а в целом это направление представляется весьма перспективным. А самый главный результат внедрения этих разработок – это снижение производственного травматизма.

УДК 331.453

Необходимость разработки и внедрения современной системы управления промышленной безопасностью и охраной труда

Студентка гр. 113536 Липская А.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В начале XX века ускорение роста технического прогресса и активное использование природных ресурсов рассматривались, безусловно, как положительные тенденции в развитии производства. Одновременно с этим резко увеличилось число аварий и катастроф. На сегодняшний день становится обыденным понятие «катастрофа, авария, гибель человека на производстве и т.д.». Материальные убытки общества от этих факторов неуклонно растут, то, как и желание общества бороться с ними.

Таким образом, современное общество все более четко осознает тот факт, что дальнейшее развитие производства невозможно без установления жесткого контроля над потенциально опасными объектами и производствами. Вопросы обеспечения безопасности выходят на первый план. На сегодняшний день ни один проект в промышленности не может быть реализован без проведения строгой экспертизы его промышленной и экологической безопасности, а также экспертизы условий труда.

Результатом формирования нового, «безопасного» мышления стало возникновение и быстрое развитие новой области – системы управления промышленной безопасностью (СУПБ) и охраной труда (ОТ), и как основной ее составляющей системы управления риском.

Очевидно влияние государства на формирование политики предприятий в области обеспечения безопасности. Несомненно, что в последнее время постоянно усиливается давление со стороны государственных органов надзора и контроля на руководителей предприятий, которое выражается, в первую очередь, в требовании вкладывать все больше и больше в обновление основных фондов, в приведение оборудования в соответствии с требованиями всех Правил безопасности, а также постоянное улучшение условий труда. Возникает вопрос, как в подобных условиях не только выжить, но иметь дополнительные конкурентные преимущества к обновлению производства, повышению качества, рентабельности и т.д. Самым эффективным инструментом должна стать СУПБ и ОТ. При этом, под словом «система» необходимо понимать не только документированные процедуры и аудит их выполнения, но и экономическую оценку эффективности вложения затрат в повышение безопасности и постоянный мониторинг. С другой стороны, очевидно, что абсолютный уровень безопасности достичь невозможно. Ограничением этому служит не только экономическая составляющая конкурентных преимуществ, но и соответствующее развитие технологии. Вероятность возникновения случая травматизма, аварии или инцидента постоянно существует даже в идеальных условиях организации. Вопрос не в том, чтобы исключить риск полностью, а в том, чтобы снизить вероятность возникновения негативного события до уровня, который можно обеспечить при сегодняшнем уровне развития технологии и техники, с одной стороны, и с другой стороны, до уровня, который сегодня экономически обоснован, целесообразен и позволяет предприятию сохранить соответствующие конкурентные преимущества.

Как ранее уже говорилось, система управления не только документально оформленные процедуры и аудит их выполнения. Любая система управления это, в первую очередь, люди. Успех функционирования СУПБ и ОТ можно выразить в следующих принципах.

Знать истинное положение с промышленной безопасностью и охраной труда на предприятии. Первым условием того, чтобы знать истинное состояние технических устройств, зданий и сооружений на предприятии должна быть налажена система экспертизы промышленной безопасности силами сторонних экспертных организаций и внутренняя система оценки технического состояния оборудования либо собственного персонала, либо силами экспертных центров.

Во-вторых, необходимо построить систему аттестации рабочих мест через оценку влияния опасных и вредных производственных факторов.

В-третьих, система учета затрат на ПБ и ОТ. Проблема в том, что на предприятиях на сегодняшний день нет единых подходов к тому, что считать затратами на ПБ и ОТ, а также каким образом их учитывать, особенно на крупных предприятиях.

Описать и документально закрепить «правила» по достижению целей и задач в области ПБ и ОТ.

В первую очередь это стандарты организации по направлениям деятельности, понятные инструкции (по охране труда, технологические и др.). Важно, чтобы процедуры не были только декларацией того, что требования ПБ и ОТ должны выполняться. Главное требование к стандартам – простота и доступность для понимания. Стандарты и инструкции должны стать путеводителем по отдельным элементам и направлениям в СУПБ и ОТ и полностью соответствовать существующему законодательству Республики Беларусь по ПБ и ОТ;

Научить персонал выполнять установленные «правила», контролировать и мотивировать их выполнение.

Обязательное требование функционирования СУПБ и ОТ – организация внутренних проверок СУПБ и ОТ через систему внутреннего аудита, выполняемую силами служб производственного контроля предприятия, и систему производственного контроля, и контроля по охране труда в структурных подразделениях.

Формулировать и достигать цели, направленные на повышение уровня ПБ и ОТ, исходя из финансового положения предприятия.

Высокий уровень риска появления инцидентов в персоналом и оборудованием является показателем, свидетельствующим о том, что СУПБ и ОТ в структурном подразделении функционирует недостаточно эффективно. Управлять данными показателями (их снижением) – означает перестраивать систему организации производства. Внедрять систему мотивации персонала к выполнению требований ПБ и ОТ, повышать качество обучения персонала и уровень его компетентности для выполнения трудовых операций, через проведение различных тренингов и занятий.

Исходя из вышеизложенного стратегическую цель организации в области промышленной безопасности и охраны труда можно изложить в следующем виде; «Достижение технически приемлемого и экономически обоснованного уровня риска».

УДК 331.45: 621(035)

Холодильные агенты и их влияние на организм человека

Студентка гр.108716 Домашкевич С.А.

Научный руководитель – Ушакова И.Н.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Холодильный агент – вещество, без которого невозможен термодинамический цикл или процесс получения холода. Основными холодильными агентами, которые наиболее часто используются в промышленности, являются аммиак и хладоны (R 18 и R 22). Холодильные агенты должны быть как можно менее токсичны, пожаровзрывобезопасны и неагрессивны по отношению к конструкционным материалам. Однако найти такое вещество, удовлетворяющее всем эти требованиям, невозможно. Очень важным является влияние холодильных агентов на организм человека, так как в помещениях холодильных установок возможны утечки аммиака и хладонов. Рассмотрим действие на организм человека аммиака и хладонов (R 18 и R 22).

Аммиак представляет собой бесцветный газ с резким удушливым запахом, Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³. При больших концентрациях он вызывает сильные отравления, раздражения слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Сильное отравление сопровождается головокружением, ослаблением пульса. Он может вызвать отек легких, судороги, потерю сознания. Пребывание человека в течении 30 мин и более в помещении с концентрацией аммиака 0,5 – 1 % может привести к смертельному исходу. При отравлении аммиаком активизируется туберкулез, возможен паралич и глухота. Жидкий аммиак вызывает тяжелые ожоги. Особенно опасно попадание в глаза, даже одной капли аммиака. Помимо возможного прободения роговицы, хрусталика и стекловидного тела, ожог глаз аммиаком зачастую приводит к полной слепоте.

Из органических хладоагентов наиболее часто используется в промышленности хладон R12 и хладон R22. Хладон R12 имеет химическое название дифторхлорметан. В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом, который ощущается при концентрации в воздухе более 20%. Предельно допустимая концентрации хладоны R12 составляет 300 мг/м³. Он относится к 4 классу опасности – малоопасным веществам. Однако при концентрации в воздухе этого хладоны более 30% наступает удушье. Высокая плотность хладоны R12 препятствует поступлению свежего воздуха. Хладон R12 при соприкосновении с нагретыми поверхностями или при воздействии открытого пламени при температуре выше 330⁰C разлагается, образуя ядовитые вещества, такие как фтористый и хлористый водород, оксид углерода и фосген. Продукты разложения не имеют запаха и цвета, что увеличивает опасность отравления. Утечки R12 обнаруживают с помощью галоидной лампы, обмыванием, электронным течеискателем.

Хладон R22 имеет химическое название дифторхлорметан. В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом хлороформа. Несмотря на то, что предельно допустимая концентрация составляет 3000 мг/м^3 , он более вреден, чем R12, так как обладает наркотическим действием. Вызывает слабость, переходящую в сонливость, спутанность сознания, при больших концентрациях – удушье. При попадании на кожу, жидкие хладоны могут вызвать и обморожение (пузыри, некроз).

Основными средствами индивидуальной защиты являются изолирующие и фильтрующие противогазы, резиновые сапоги и перчатки, защитный костюм. Помещения холодильных установок должны быть оснащены автоматическими газоанализаторами, оборудованы предупреждающей световой и звуковой сигнализацией, а также спринклерными системами тушения пожара. Особые требования безопасности предъявляются к помещениям, где возможна утечка аммиака. При достижении концентрации аммиака более 0,21% система противоаварийной защиты должна обеспечить отключение электропитания, включение аварийной вентиляции.

УДК 614.8

Биологическое действие лазеров и их применение в экспериментальной прикладной биологии

Студентка гр.113526 Гершиш А.Л.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

О целебных свойствах световых лучей разного цвета знали еще в древности. Уже тогда было установлено, что при лечении оспы, скарлатины, малокровия большую пользу приносит, например, красный цвет. В начале нашего столетия академик В.М. Бехтерев успешно применял цветные лучи в своей лечебной психиатрической практике. Когда появились лазеры врачи стали применять фотостимуляцию в различных областях медицины. В первую очередь попытались использовать мощное лазерное излучение, вызывающее тепловые эффекты для диагностики опухолей.

Монохроматичность лазерного света придает ему уникальные свойства. Лазерный луч определенной энергии способен пробить стальную пластинку, но на коже человека не оставляет почти никакого следа, что объясняется избирательностью действия лазерного излучения. Свет лазера вызывает изменения лишь в той среде, которая его поглощает, а степень поглощения зависит от оптических свойств материалов. Обычно каждый материал поглощает излучение лишь определенной длины волны. Красный свет рубинового лазера интенсивно поглощается зелеными растениями, разрушая их ткани. И наоборот, зеленое излучение аргонового лазера слабо поглощается листьями растений, но активно поглощается эритроцитами и быстро повреждает их.

Второй отличительной чертой лазерного излучения является его когерентность, т.е. когда в различных точках пространства в одно и то же время или в одной и той же точке в различные отрезки времени световые колебания скоординированы.

Когерентность лазерного излучения обуславливает его строгую направленность - распространение светового потока узким пучком в пределах очень маленького угла, что в медико-биологических исследованиях имеет немаловажное значение. Уникальные свойства лазерного излучения (монохроматичность и малая расходимость) позволяют с помощью системы линз сфокусировать его на очень малую площадь, например на биологически активную корпоральную точку человека (БАТ). Эта площадь может быть уменьшена настолько, что по размерам будет равна длине волны сфокусированного света. Так, для рубинового лазера наименьший диаметр светового пятна составляет 0,7 мкм.

Биологическое действие лазерного излучения довольно разнообразно и зависит от характера облучаемых тканей. Если лазерное излучение отражается живой тканью или рассеивается внутри нее, то биологический эффект лазерного воздействия незначителен. Для оказания действия на биологические структуры лазерный свет должен быть ими поглощен.

Поглощение света веществом – внутримолекулярный физиологический процесс. Свет поглощается молекулами, их комплексами, а не сложными биологическими структурами - такими, например, как ядра клеток, клетки, сетчатка и т.д. Поглощенная молекулами лучистая энергия превращается в другие виды энергии, и прежде всего в тепловую. Так как в тепло преобразуется значительная часть лазерного излучения, то поражение тканей животных и человека носит чаще всего термический характер и зависит от мощности падающего светового потока.

Процессы, развивающиеся в биологических тканях под влиянием лазерного излучения, не исчерпываются тепловыми и ударными действиями. В связи с большой концентрацией энергии в лазерном луче в молекулах биологических веществ могут происходить электрические, фотоэлектрические, фотохимические

и другие эффекты. В зависимости от типа лазера и величины энергии излучения на первый план выступают различные эффекты, характерные для взаимодействия лазерной радиации с биологическим материалом.

УДК 621.373.826

Лазерные излучения, их роль в процессах жизнедеятельности. Защита от лазерного излучения

Студент гр.113516 Герман Е.А.

Научный руководитель – Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В связи с широким применением лазерных источников излучения в научных исследованиях, промышленности, медицинской связи и др. возникает необходимость сохранения здоровья людей, эксплуатирующих различные лазерные установки.

Лазер - источник когерентного излучения, то есть согласованного во времени и пространстве движения фотонов в виде выделенного луча.

В настоящее время доказано, что на месте воздействия луча лазера возникает первичный биологический эффект — ожог с резким повышением температуры. Локальное повышение температуры приводит к вскипанию тканевой, межтканевой и клеточной жидкости, образованию пара и огромному давлению. Последующий взрыв и ударная волна распространяются на окружающие ткани, вызывая их гибель.

Действие излучения лазеров представляет опасность больше всего для органов зрения и кожного покрова. Характер воздействия на зрительный аппарат и степень поражающего действия лазера зависят от плотности энергии излучения, длины волны излучения (импульсное или непрерывное). При этом могут быть поражены сетчатка, роговица, радужка, хрусталик. Короткие импульсы (0,1—10...14 с), которые генерируют лазеры, способны вызвать повреждения за значительно более короткий промежуток времени, чем тот, который необходим для срабатывания защитных физиологических механизмов (мигательный рефлекс 0,1 с).

Характер повреждения кожи зависит от цвета кожи, например пигментированная кожа значительно сильнее поглощает лазерное излучение, чем не пигментированная. Светлая кожа отражает до 40 % падающего на нее излучения. Данные исследований свидетельствуют о том, что Л. и. видимой области спектра вызывает сдвиги в функционировании эндокринной и иммунной систем, центральной и периферической нервной системы, белкового, углеводного и липидного обмена. Длительное хроническое действие ЛИ длинной волны 1,06 мкм вызывает вегетативно-сосудистые нарушения. Практически все исследователи, изучавшие состояние здоровья лиц, обслуживающих лазеры, подчеркивают более высокую частоту обнаружения у них астенических и вегетативно-сосудистых расстройств. Наиболее характерными у работающих с лазерами являются астения и вегетососудистая дистония. В некоторых случаях эти общие клинические симптомы носят довольно стойкий характер, являясь результатом влияния на нервную систему

Отражающая способность кожного покрова в видимой области спектра высокая. Л. и. дальней инфракрасной области начинает сильно поглощаться кожей, возникает опасность ожогов. Прогнозируя возможность опасности лазерного облучения, необходимо учитывать:

- тип лазера и опасность, которую могут представлять его отдельные узлы;
- атмосферные условия (количество водяных паров в воздухе, степень его чистоты);
- наличие средств защиты, а также индивидуальные особенности человека, который может подвергаться облучению.

Для защиты глаз от лазерного излучения с низкой энергией предлагаются многослойные фильтры с пропусканием световой энергии порядка 105 Вт/см^2 в зоне высокого отражения и более $0,8 \text{ Вт/см}^2$ в прозрачной зоне. В настоящее время созданы защитные очки, представляющие собой набор фильтров с различными значениями коэффициентов поглощения. Величина коэффициента поглощения для данного фильтра выбирается с таким расчетом, чтобы не происходило его разрушение, и уровень прошедшего через него излучения оказывался таким, чтобы последующий фильтр также не разрушался.

Комбинируя наборы различных фильтров, можно создавать защитные очки для разных длин волн. Наряду с защитными очками (светофильтрами) обслуживающему персоналу рекомендуется применять специальные (диффузные) экраны. Для защиты рук рекомендуется использовать кожаные перчатки.

При работе с лазерами могут быть три варианта поражения лазерным излучением, которые должны приниматься во внимание при разработке мероприятий по технике безопасности:

- 1) прямое воздействие излучения, при этом уровни плотности энергии, вызывающие тяжелые последствия, сравнительно невелики;
- 2) зеркальное отражение луча, являющееся не менее опасным для органа зрения;
- 3) диффузно рассеянное отражение лазерного луча от стен, поверхностей приборов и др.

Действующие правила устанавливают:

- предельно допустимые уровни (ПДУ) ЛИ в диапазоне волн 180—106 нм при различных условиях воздействия на человека;
- классификацию лазеров по степени опасности генерируемого ими излучения;
- требования к производственным помещениям, размещению оборудования и организации рабочих мест;
- требования к персоналу;
- контроль за состоянием производственной среды;
- требования к применению средств защиты;
- требования к медицинскому контролю.

Защита от ЛИ осуществляется организационно-техническими, санитарно-гигиеническими и лечебно-профилактическими методами.

Организационно-технические методы:

- выбор, планировка и внутренняя отделка помещений;
- рациональное размещение лазерных установок и порядок их обслуживания;
- использование минимального уровня излучения для достижения поставленной цели;
- организация рабочего места;
- применение средств защиты;
- ограничение времени воздействия излучения;
- назначение и инструктаж лиц, ответственных за организацию и проведение работ;
- ограничение допуска к проведению работ;
- организация надзора за режимом работ
- четкая организация противоаварийных работ и регламентация порядка ведения работ в аварийных условиях;

- обучение персонала.

Санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические методы:

- контроль за уровнями вредных и опасных факторов на рабочих местах;
- контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров.

Средства защиты от ЛИ обеспечивают предотвращение воздействия излучения или снижение его величины до уровня, не превышающего допустимого. К СКЗ от ЛИ относятся: ограждения, защитные экраны, блокировки и автоматические затворы, кожухи, средства защиты рук, специальную одежду и др. СИЗ от ЛИ включают: защитные очки, щитки, маски и др. СКЗ должны предусматриваться на стадии проектирования и монтажа лазеров, при организации рабочих мест, при выборе эксплуатационных параметров. При выборе СИЗ необходимо учитывать: рабочую длину волны излучения; оптическую плотность светофильтра.

Выбор средств защиты производится в зависимости от класса лазера, интенсивности излучения в рабочей зоне, характера выполняемой работы. Показатели защитных свойств средств защиты не должны снижаться под воздействием др. вредных и опасных факторов (вибрации, температуры и т. д.).

УДК 331.45:621(035)

Выбор метода улавливания паров растворителей

Студентка гр.104327 Бэйнер М.В.

Научный руководитель – Ушакова И.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для литейного производства характерно внедрение новых химических соединений, что связано с повышенным выделением в воздухе рабочей зоны и в атмосферу вредных веществ. При использовании формовочных материалов, содержащих растворители типа нитроцеллюлозных лаков, выделяются такие вредные вещества как толуол и ксилол. Предельно допустимая концентрация ксилола и толуола 50 мг/м³. В воздухе рабочей зоны содержание данных токсичных веществ может превышать ПДК. Известно отрицательное влияние ксилола и толуола на нервную и кровеносную систему человека, могут наблюдаться судорги. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что имеется достаточное количество инженерных решений, обеспечивающих улавливание данных вредных веществ. Наиболее распространенными методами улавливания паров растворителей являются конденсационный и адсорбционный. При конденсационном методе пары растворителей конденсируются с помощью хладагентов. Конденсация может происходить при превышении предельно-допустимых концентраций растворителя в десятки раз. Поэтому этот метод наиболее применим при массовом производстве толуола и ксилола. При адсорбционном методе пары растворите-

лей поглощаются твердым сорбентом. В качестве сорбента используются активированный уголь, силикогель и др. Возможность применение этого способа ограничено сложностью регенерации дорогостоящего и дефицитного активированного угля. Конденсационный и адсорбционный методы не позволяют решить вопросы взрывопожаробезопасности, ведь толуол и ксилол являются легковоспламеняющимися жидкостями и могут вызвать взрывы и пожары. Поэтому наряду с улавливанием данных вредных веществ надо решать вопросы взрывопожарозащиты оборудования и зданий. Наиболее приемлемым является способ, позволяющий решать одновременно вопросы охраны воздушной среды от загрязнения и уменьшения пожароопасности паров данных растворителей, является абсорбционный метод улавливания. В качестве абсорбента используется вода и растворы воды, к примеру, в качестве добавки к воде используется капролактан. Данный абсорбционный способ улавливания растворителей ведут по сложной технологии с применением повышенного давления и температуры.

Предлагается способ улавливания паров растворителей абсорбцией поглотителя, включающем воду и органическую добавку. Толуол и ксилол являются слаборастворимыми веществами, поэтому необходимо увеличение их растворимости. Были исследованы разные добавки, повышающие растворимость толуола и ксилола. Положительный результат показал абсорбент, представляющий собой воду с добавкой синтетически моющего вещества (СМВ). Проведены исследования по определению различных классов СМВ, обеспечивающих наилучшие результаты по улавливанию толуола и ксилола. В лабораторных условиях определена оптимальная концентрации СМВ в воде. Наилучшие результаты по улавливанию показали СМВ, содержащие анионоактивные ПАВ или их смеси с неионогенными ПАВ. Данные СМВ характеризуются наличием гидрофильных групп, обладающих газопривлекающими и газодерживающими свойствами на границе двух фаз «вода-воздух», поэтому эффект улавливания возрастает. Процесс растворения происходит при атмосферном давлении и комнатной температуре.

Применение данного способа обеспечивает не только улавливания паров толуола и ксилола, но и обеспечивает взрывопожарозащиту вентиляционной системы предприятий. Органическая добавка в воде придает антикоррозионные свойства системе очистки промышленных выбросов. Данный способ улавливания ксилола и толуола позволит обеспечить необходимые санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны согласно СанПиНа № 11-19. «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ».

УДК 004.382.7:614.8

Компьютер и его воздействие на организм человека

Студентка гр.108147 Автушко А.С.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Компьютеризация, начавшаяся ещё в прошлом веке, стремительно продолжает завоевывать всё более значимые позиции в нашей жизни. Сегодня становится всё труднее представить себе рабочее место в офисе без персонального компьютера (ПК). По прогнозам, в скором будущем более 70% работающих будут использовать компьютеры и только около 30% будут заняты в промышленном производстве.

С тех пор, как появились видеодисплейные терминалы, операторы ЭВМ и все пользователи ПК стали жаловаться на появление симптомов сердечно-сосудистых, нервных, желудочно-кишечных и прочих заболеваний. В медицинских изданиях появились сообщения о «компьютерных» шейных радикулитах, заболеваниях суставов кистей рук, дерматитах кожи лица, американской ассоциацией оптометристов был введён термин CVS (Computer Vision Syndrome, русская аббревиатура - КЗС «компьютерный зрительный синдром»). КЗС вызывает жжение в глазах, чувство «песка» под веками, боли в области глазниц, лба, при движении глаз, покраснение глазных яблок, боли в области шейных позвонков, быстрое утомление при работе.

Одной из причин таких нарушений в работе нашего организма можно считать то, что человеческое зрение, формировавшееся тысячелетиями, мало приспособлено к зрительной работе с изображением на компьютере. Экранная картинка отличается от естественной тем, что она выделяет свет, а не отражает его, причём спектр этого излучения далёк от естественного. Изображение имеет меньший контраст по сравнению с печатным, причём оно мелькающее, а не статичное.

Кроме того, так как органы зрения работают с большими нагрузками, что равноценно получению длительного стресса, то это и вызывает общую утомляемость организма. Перегрузка, получаемая через органы зрения, создаёт «помехи» для работы мозга при решении им других задач и вызывает большее число ошибок при работе. Как следствие, утомление наступает быстрее.

Благодаря возрастающим санитарным требованиям, производители создают мониторы с большой степенью защиты и, естественно, с меньшим неблагоприятным воздействием на глаза. Однако, основное

влияние на оператора оказывает не электромагнитное излучение, а зрительно-напряжённая работа с монитором. Несоблюдение простых правил при работе с компьютером может привести к тяжёлым последствиям: снижению остроты зрения, замедленной перефокусировке, двоению предметов, развитию близорукости. Эти явления объединены одним термином – «астенопия» – потерей силы зрения. Практически у всех пользователей при непрерывной работе за компьютером в течение 2-6 часов наступает КЗС. Поэтому оптимальная организация рабочего места с компьютером, его субъективная комфортность и профилактические мероприятия играют огромное значение.

Стол, на котором размещается монитор, должен быть достаточного размера, чтобы расстояние от глаз до монитора было не менее 60–70 см. Центр монитора должен быть на 10–15 градусов ниже горизонта уровня глаз. Взгляд немного вниз позволяет векам меньше напрягаться и дольше не уставать. Плоскость экрана должна быть перпендикулярна источнику света. Наибольший дискомфорт создаёт яркий солнечный свет, поэтому помещение должно быть оборудовано рассеивающими жалюзи или шторами. Экран монитора не должен отражать посторонний свет и иметь антибликовое покрытие. При недостаточном общем освещении необходимо использовать местное. Обязательны также регламентированные перерывы по 15–20 мин через 1,5–2 часа от начала рабочей смены и после обеденного перерыва или по 15 мин через каждый час работы при выполнении 3 категории.

Приведенные данные подтверждают необходимость соблюдения требуемых гигиенических условий работы и более серьезного отношения к последствиям, вызываемым работой за компьютером.

УДК 613.645

Инфразвук и его воздействие на человека

Студент гр.113526 Курильчик Е.Г.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Инфразвуковые колебания в атмосфере Земли являются результатом действия многочисленных причин: землетрясений, цунами, извержения вулканов, водопадов, гроз, колебаний поверхности моря, лесных пожаров, сильного ветра, турбулентности атмосферы, деятельности человека, электромагнитных излучений, движений метеоров, галактических космических лучей, гравитационных воздействий Луны и Солнца, корпускулярных потоков от Солнца и т.д.

Более пагубным (поскольку они являются скрытыми) следует считать психологические последствия, обусловленные инфразвуком, который всегда существует в атмосфере, хотя порою она кажется нам совершенно спокойной.

Морские волны, ударяющиеся о берег, не только порождают слабые сейсмические колебания в земле, но и вызывают изменения в давлении воздуха с частотой около 0,05 Гц. Эти колебания можно уловить сверхчувствительными барометрами.

Очень мощные инфразвуковые волны возникают при извержении вулканов. Так, инфразвуковые волны (с частотой 0,1 Гц), образовавшиеся при извержении вулкана Кракатау в 1883 году, несколько раз обошли вокруг земного шара. Они вызвали значительные флуктуации давления, которые можно было фиксировать даже обычным барометром. Инфразвук создается и при землетрясениях. Именно с его помощью в Японии узнают о приближении цунами, гигантских приливных волн, порождаемых подводными землетрясениями. Известно, что перед землетрясением люди, и особенно животные, испытывают чувство беспокойства.

«Голос моря» - это инфразвуковые волны, возникающие над поверхностью моря при сильном ветре, в результате вихреобразования за гребнями волн. Вследствие того, что для инфразвука характерно малое поглощение, он может распространяться на большие расстояния, а поскольку скорость его распространения значительно превышает скорость перемещения области шторма, то «голос моря» может служить для заблаговременного предсказания шторма. Подчас инфразвуковые волны зарождаются в океане во время шторма или подводных землетрясений, распространяясь на сотни, тысячи километров, как в воздухе, так и в воде. Поэтому могут достигать корабль, который находится далеко, в совершенно спокойном районе. На морских просторах встречаются судна с мертвыми моряками. Они погибли от мгновенной остановки сердца. Находятся и обезлюдевшие корабли-призраки. Их экипажи, обуреваемые непонятным ужасом, выбрасывались за борт. Известно немало рассказов о субмаринах, пропавших при странных обстоятельствах. Все это – следствие действия инфразвуковых колебаний. Свообразными индикаторами шторма являются медузы. На краю «колокола» у медузы расположены примитивные глаза и органы равновесия – слуховые колбочки величиной с булавочную головку. Это и есть «уши» медузы. Они слышат инфразвуки с частотой 8 – 13 герц. Штор

разыгрывается еще за сотни километров от берега, он придет в эти места примерно часов через 20, а медузы уже слышат его и уходят на глубину.

В конце 60-х годов французский исследователь Гавро обнаружил, что инфразвук определенных частот может вызвать у человека тревожность и беспокойство. Инфразвук с частотой 7 Гц смертелен для человека. Источниками инфразвука на суше могут быть компрессоры, двигатели внутреннего сгорания, движущийся транспорт и т.д. Исследования биологического действия инфразвука на организм человека показали, что человеческий организм высокочувствителен к инфразвуку. Воздействие его происходит не только через слуховой анализатор, но и через механорецепторы кожи. Возникающие под воздействием инфразвука, нервные импульсы нарушают согласованную работу различных отделов нервной системы, что может проявляться головокружением, болями в животе, тошнотой, затрудненным дыханием, при более интенсивном и продолжительном воздействии – кашлем, удушьем, нарушением психики. Инфразвуковые колебания даже небольшой интенсивности вызывают тошноту и звон в ушах, уменьшают остроту зрения. Колебания средней интенсивности могут стать причиной расстройства пищеварения, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, нарушения психики с самыми неожиданными последствиями. Инфразвук высокой интенсивности, влекущий за собой резонанс, из-за совпадения частот колебаний внутренних органов и инфразвука, приводит к нарушению работы практически всех внутренних органов, возможен смертельный исход из-за остановки сердца, или разрыва кровеносных сосудов. При воздействии на человека инфразвук с частотами, близки к 6 Гц, могут отличаться друг от друга картины, создаваемые левым и правым глазом, начнет «ломаться» горизонт, возникнут проблемы с ориентацией в пространстве, придут необъяснимые тревога, страх. Подобные ощущения вызывают и пульсации света на частотах 4 – 8 Гц. Инфразвук может действовать не только на зрение, но и на психику, а также шевелить волоски на коже, создавая ощущение холода.

Наиболее эффективным и практически единственным средством борьбы с инфразвуком является снижение его в источнике. При выборе конструкций предпочтение должно отдаваться малогабаритным машинам большой жесткости, так как в конструкциях с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука. Борьбу с инфразвуком в источнике возникновения необходимо вести в направлении изменения режима работы технологического оборудования – увеличения его быстроходности. В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуется применение наушников, вкладышей, защищающих ухо от неблагоприятного действия сопутствующего шума. К мерам профилактики организационного плана следует отнести соблюдение режима труда и отдыха, запрещение сверхурочных работ. При контакте с ультразвуком более 50 % рабочего времени рекомендуются перерывы продолжительностью 15 мин через каждые 1,5 часа работы. Значительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур – массаж, УФ-облучение, водные процедуры, витаминизация и др.

УДК 537.531(076.5)

Защита от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона

Студенты гр.106336 Адамцевич В.А., Сидоров А.Г.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Большинство мощных радиопередающих установок, таких как антенны сотовой и спутниковой связи, теле- и радиопередающие устройства, радиолокаторы, по данным многочисленных медико-биологических исследований являются источниками биологически активного электромагнитного излучения. Обслуживание и ремонт этих устройств в силу ряда технических и экономических причин на практике часто выполняется персоналом вблизи приемо-передающих антенн без прерывания нормального функционирования систем. По имеющимся данным, в этих случаях велик риск развития у персонала, обслуживающего указанные установки, ряда необратимых патологий, в том числе злокачественных опухолей, а также серьезных функциональных расстройств жизненно важных органов и систем организма человека.

Важным фактором является накапливание биологического эффекта в условиях ежедневного, длительного, многолетнего воздействия на человека электромагнитных излучений, обусловленных производственными факторами.

Перечисленные обстоятельства дают основания относить электромагнитные излучения радиочастотного диапазона к опасным и вредным производственным факторам.

При уровнях, превышающих допустимые значения, негативное воздействие электромагнитных полей есть, и от него надо защищаться. Решение проблемы сводится к тому, чтобы создать эффективное, удобное в эксплуатации и вместе с тем простое средство защиты.

Существует множество средств и методов защиты от электромагнитных полей: ограничение времени работы вблизи источника поля, увеличение расстояния между источником поля и зоной проведения работ,

применение стационарных экранов и т.п. С точки зрения обеспечения достаточного защитного эффекта при одновременном удобстве и простоте в эксплуатации, наиболее оптимальный способ – это применение индивидуальных экранирующих комплектов. Важным преимуществом является возможность использования таких комплектов как специальной рабочей одежды с необходимыми элементами индивидуальной защиты. Реализация этого преимущества на практике дает возможность обеспечения персонала средством индивидуальной защиты, в котором можно выполнять работы по обслуживанию функционирующего оборудования без риска негативного воздействия полей на организм в течение всего рабочего дня.

Экранирующие комплекты типа Эи-2 предназначены для исключения вредного воздействия электромагнитного поля радиочастот на организм пользователя. Они создают замкнутую оболочку (индивидуальную клетку Фарадея) с эффективными проводящими уплотнениями в соединительных швах, а также между элементами комплекта, затрудняющими проникновение электромагнитного поля радиочастот внутрь экранированного пространства.

Поле, проходя через экран, затухает при отражении на внешней границе экрана, затем поглощается материалом экрана и затухает при отражении на внутренней границе.

Экранирующий комплект Эи-2 изготовлен из специальной экранирующей ткани, выполненной по технологии гальванического нанесения электропроводящего слоя на тканевую основу. Ткань, произведенная по данной технологии, обладает не только высокой электрической проводимостью и коэффициентом экранирования в широком диапазоне частот, но и достаточными показателями по воздухопроницаемости и стойкости к истиранию в течение длительного срока эксплуатации при внешних механических воздействиях.

В состав комплекта входят следующие элементы: экранирующий комбинезон; экранирующий головной убор с экраном для лица (шлем); экранирующие трикотажные перчатки; кожаные экранирующие ботинки; пояс с монтерской сумкой для инструментов.

УДК 628.517

Автомобильный транспорт – один из источников шума в городе

Студенты гр.112317 Стахно М., Харжевская Е.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Один из основных источников шума в городе – автомобильный транспорт, интенсивность движения которого постоянно растет. Наибольшие уровни шума 90 – 95 дБ отмечаются на магистральных улицах города со средней интенсивностью движения 2- 3 тыс. и более транспортных единиц в час.

Уровень уличных шумов обуславливается интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, он зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума в пределах до 10 дБ.

Шум, производимый отдельными транспортными экипажами, зависит от многих факторов: мощности и режима работы двигателя, технического состояния экипажа, качества дорожного покрытия, скорости движения. Кроме того, уровень шума, как и экономичность эксплуатации автомобиля, зависит от квалификации водителя. Шум от двигателя резко возрастает в момент его запуска и прогрева (до 10 дБ). Движение автомобиля на первой скорости (до 40 км/ч) вызывает излишний расход топлива, при этом шум двигателя в 2 раза превышает шум, создаваемый им на второй скорости. Значительный шум вызывает резкое торможение автомобиля при движении на большой скорости. Шум заметно снижается, если скорость движения гасится за счет торможения двигателем до момента включения ножного тормоза.

За последнее время средний уровень шума, производимый транспортом, увеличился на 12 – 14 дБ. Вот почему проблема борьбы с шумом в городе приобретает все большую остроту.

Одним из направлений борьбы с шумом является разработка государственных стандартов на средства передвижения, инженерное оборудование, бытовые приборы, в основу которых положены гигиенические требования по обеспечению акустического комфорта.

Снижение городского шума может быть достигнуто в первую очередь за счет уменьшения шумности транспортных средств.

К градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся: увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом; применение акустических непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных шумозащитных полос озеленения; использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов. Кроме того, градостроительными меро-

приятными являются рациональная застройка магистральных и разделительных полос, использование рельефа местности и др.

Существенный защитный эффект достигается в том случае, если жилая застройка размещена на расстоянии не менее 25 – 30 м от автомагистралей и зоны разрыва озеленены. При замкнутом типе застройки защищенными оказываются только внутриквартальные пространства, а внешние фасады домов попадают в неблагоприятные условия, поэтому подобная застройка автомагистралей нежелательна. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищенная от стороны улицы зелеными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и т.п.). Расположение магистралей в выемке также снижает шум на близрасположенной территории.

УДК 331.471-055.2

Защита от излучений

Студенты гр.112317 Лобач О.В., Колтович Е.В.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ионизирующие излучения, их действие на организм человека и гигиеническое нормирование. Ионизирующим излучением называется любое излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды.

Ионизирующее излучение бывает электромагнитным и корпускулярным.

Биологическое воздействие ионизирующих излучений на живой организм в первую очередь зависит от поглощенной энергии излучения.

Защита от воздействия ионизирующих излучений. Разработаны основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, где содержатся требования и нормы радиационной безопасности применительно к конкретным видам работ, производимым при воздействии ионизирующих излучений.

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с закрытыми источниками излучения, основные усилия должны быть направлены на предупреждение переоблучения персонала путем увеличения расстояния между оператором и источником, сокращения продолжительности работы в поле излучения, экранирования источника излучения.

Закрытыми называются источники ионизирующего излучения, устройство которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду.

Защита от внутреннего излучения требует исключения непосредственного контакта с радиоактивными веществами в открытом виде и предотвращение попадания их в воздух рабочей зоны.

Под внутренним облучением понимают воздействие на организм ионизирующих излучений радиоактивных веществ, находящихся внутри организма.

Все работы с открытыми источниками подразделяются на три класса. Установленные основными санитарными правилами классы работ в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и фактической его активности на рабочем месте.

При работе с радиоактивными веществами большое значение имеют средства индивидуальной защиты, правила личной гигиены и организация дозиметрического контроля.

Результаты всех видов радиационного контроля должны регистрироваться и храниться в течение 30 лет.

Электромагнитные излучения, их воздействие на организм человека и принципы гигиенического нормирования и защиты. Источниками электромагнитных полей являются, например, индукционная катушка, рабочий конденсатор, отдельные элементы генераторов катушки контуров и связи, конденсаторы, подводящие линии, трансформаторы, антенны и др.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительность облучения, характера излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Биологическое воздействие электромагнитных полей более высоких частот вызывают в основном с их тепловым и аритмическим эффектом.

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования электромагнитных излучений положены разные принципы. Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля.

Одним из наиболее эффективных и часто применяемых методов защиты от низкочастотных и радиоизлучений является экранирование. Для экранов используются, главным образом, материалы с большой электрической проводимостью.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются спецодежда, изготовленная из металлизированной ткани в виде комбинезонов, халатов, передников, курток с капюшонами и смонтированными в них защитными очками.

УДК 621.791:658.345

Защита органов дыхания при проведении сварочных работ

Студент гр.110426 Герва П.И.
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Наиболее опасным фактором при проведении сварочных работ является выделение сварочного аэрозоля в рабочей зоне. Так, по статистике, более половины профессиональных заболеваний сварщиков – это заболевания органов дыхания и различные патологии, связанные с вдыханием сварочного аэрозоля. Сварочный аэрозоль представляет собой совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, покрытия электродов, содержимого сварочной проволоки или флюсов. Его состав зависит от состава сварочных и свариваемых материалов. В основном сварочный аэрозоль состоит из железа и его окислов, но в него могут так же входить такие вещества и их соединения, как марганец, хром, никель, алюминий, медь, цинк, фтор, кремний, азот и другие. Многолетние исследования на нескольких предприятиях позволили установить, что пневмокониоз и хронический бронхит развиваются у лиц, занятых сваркой сталей к 40 годам, при среднем стаже работы по профессии более 14 лет. Многие сварщики с большим стажем по состоянию здоровья не «Дорабатывают» даже до льготного пенсионного возраста в 55 лет. Клиническая картина пневмокониозов имеет ряд сходных черт: медленное, хроническое течение с тенденцией к прогрессированию, нередко приводящее к нарушению трудоспособности; стойкие склеротические изменения в легких. Основная опасность пневмокониоза состоит в том, что на начальной стадии простой флюорографией его не обнаружить, он может проявиться только при рентгенологическом обследовании. Непосредственное обследование нередко не обнаруживает патологии и имеет симптомы неопределенного характера: одышка при физической нагрузке, боль в груди, редкий сухой кашель.

Эффективным способом защиты сварщика от сварочных аэрозолей является установка местной вентиляции. Этот вариант достаточно хорош, когда сварщик имеет стационарное место работы, при этом защищается не только сварщик, но и все работающие рядом. Но у этого способа есть достаточно серьезное ограничение. Эффективность работы местного отсоса зависит от расстояния до источника дыма, и при расстоянии более 70 см, фильтруется не более 20 % загрязненного воздуха. А если сварщику необходимо обварить достаточно большую конструкцию, то он, далеко не всегда, будет таскать за собой «хобот» отсоса к каждому месту сварки, не говоря уже о том, что иногда это и физически невозможно. То же относится и к полуавтоматической сварке протяженных швов.

Но есть средство защиты сварщика, которое избавлено от всех вышеперечисленных недостатков. Это комплексное средство индивидуальной защиты – включающий в себя сварочный щиток с автономным блоком подачи воздуха. Сварочный щиток с автоматически затемняющимся светофильтром обеспечивает сварщику постоянную защиту глаз и контроль за рабочим местом, как при зажженной дуге, так и при ее отсутствии. А автономный блок подачи воздуха крепится на поясе сварщика и постоянно защищает его органы дыхания. Что он из себя представляет: это фильтр и микровентилятор, работающий от аккумуляторной батареи, которая обеспечивает время непрерывной работы не менее 8 часов, т.е. полную рабочую смену. Загрязненный воздух проходит три стадии очистки: через металлическую сетку, предфильтр грубой очистки и аэрозольный фильтр тонкой очистки, который обеспечивает коэффициент защиты этого средства (защиты 50). Это означает, что под маской сварщика воздух будет в 50 раз чище, чем снаружи!

Следует помнить, что средний срок жизни мужчин в Беларуси составляет 55 лет и для увеличения этого срока, при электросварочных работах, необходимо применение современных средств индивидуальной защиты органов дыхания.

УДК 331.452

Законодательство Республики Беларусь по охране труда. Специальное расследование несчастных случаев

Несчастный случай на производстве – это событие, в результате которого застрахованный (работающий) получил увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им трудовых обязанностей по трудовому договору (контракту) и в других случаях, когда на территории страхователя, так и в ином месте, где застрахованный находился в связи с работой или совершал действия в интересах страхователя, либо во время следования на транспорте, предоставленном страхователем, к месту работы или с работы и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть.

Необходимость расследования несчастных случаев на производстве установлена ст. 229 Трудового кодекса Республики Беларусь и ст. 25 Закона Республики Беларусь «Об охране труда». Порядок расследования несчастных случаев на производстве определен Правилами расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2004 г. № 30.

Специальному расследованию подлежат:

- групповые несчастные случаи, происшедшие одновременно с двумя и более работниками, независимо от тяжести полученных травм;
- несчастные случаи со смертельным исходом;
- несчастные случаи с тяжелыми травмами.

Тяжесть производственных травм определяется организациями здравоохранения по схеме определения тяжести производственных травм, утверждаемой Министерством здравоохранения.

О групповом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом организация, наниматель, страхователь немедленно сообщает:

- в территориальную прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай;
- в территориальное структурное подразделение департамента государственной инспекции труда;
- в профсоюз (иной представительный орган работников);
- в вышестоящую организацию, а при ее отсутствии – в местный исполнительный и распорядительный орган, где зарегистрирован наниматель, страхователь, нанимателю потерпевшего (при несчастном случае с работником другого нанимателя);
- в территориальный орган государственного специализированного надзора и контроля, если несчастный случай произошел на поднадзорном ему объекте;
- страховщику.

Сообщение передается средствами оперативной связи (телефон, телефакс, телетайп и т.д.) по форме сообщения о несчастном случае на производстве.

Территориальное структурное подразделение департамента государственной инспекции труда, орган государственного специализированного надзора и контроля после получения сообщения о несчастном случае на производстве, подлежащем специальному расследованию, немедленно направляют своих представителей на место его происшествия.

Перечень представителей, участвующих в специальном расследовании, составляется в зависимости от вида несчастного случая.

Неучастие или несвоевременное участие в специальном расследовании несчастного случая уполномоченных представителей и других лиц не является основанием для изменения сроков его проведения.

Специальное расследование несчастного случая (далее – специальное расследование) проводится (включая оформление и рассылку документов) в течение 14 дней со дня получения сообщения о несчастном случае на производстве. В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз и получения заключений (постановлений, решений) правоохранительных органов, организаций здравоохранения и других. Указанный срок может быть продлен главным государственным инспектором труда области или города Минска до 28 дней. Главный государственный инспектор труда Республики Беларусь может устанавливать более длительные сроки специального расследования.

Государственный инспектор труда, представитель органа государственного специализированного надзора и контроля имеют право в ходе специального расследования опрашивать без свидетелей потерпевшего, должностных лиц и других работников, обращаться за сведениями к иным лицам, получать документы, необходимые для установления обстоятельств и причин несчастного случая, принимать решения о проведении экспертиз, расчетов и других действий.

Уполномоченные представители организации, нанимателя, страхователя, страховщика, профсоюза (иного представительного органа работников), вышестоящей организации (местного исполнительного и распорядительного органа) участвуют в осмотре места происшествия несчастного случая на производстве,

опросе, при возможности, потерпевшего (потерпевших), свидетелей, должностных и иных лиц, изучают необходимые документы, могут заявлять ходатайства, излагать свое мнение об обстоятельствах, о причинах несчастного случая, лицах, допустивших нарушения актов законодательства о труде и об охране труда технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда, о мерах по предупреждению аналогичных несчастных случаев, вносить другие предложения.

По результатам специального расследования государственным инспектором труда составляется и подписывается заключение о несчастном случае (далее – заключение).

Государственный инспектор труда (представитель органа государственного специализированного надзора и контроля) направляет заключение и документы специального расследования организации, нанимателю, страхователю.

В соответствии с заключением организация, наниматель, страхователь в течение одного дня составляет акты формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего и утверждает их, организует тиражирование документов специального расследования в необходимом количестве экземпляров. На последней странице акта формы Н-1 или акта формы НП производится заверенная руководителем организации, нанимателем, страхователем запись: «Составлен в соответствии с заключением...».

Государственный инспектор труда (представитель органа государственного специализированного надзора и контроля) в течение одного дня по окончании специального расследования направляет материалы специального расследования в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая, в соответствующие вышестоящие структурные подразделения департамента государственной инспекции труда, органа государственного специализированного надзора и контроля, если несчастный случай произошел на поднадзорном ему объекте, республиканский орган государственного управления (иную государственную организацию, подчиненную правительству Республики Беларусь), местные исполнительные и распорядительные органы, профсоюз, а также нанимателю, страхователю, страховщику и копии заключения – в организации, представитель которых принимали участие в специальном расследовании.

Прокуратура в установленный законодательством срок информирует территориальное структурное подразделение департамента государственной инспекции труда, орган государственного специализированного расследования или по их просьбе направляет им копию постановления при отказе в возбуждении уголовного дела либо его прекращении.

УДК 614.8.027

Анализ несчастных случаев на производстве на примере концерна «Белнефтехим»

Студент гр.113516 Бенкевич М.В.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В Республике Беларусь на протяжении последних лет отмечается устойчивая тенденция снижения числа несчастных случаев на производстве, в том числе и с тяжелыми последствиями. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2008 году производственные травмы получили 3000 работающих, что на 15,3 % меньше, чем в 2007 году и на 45,3 % - чем в 2004 году.

Расследование несчастных случаев на производстве является социально значимой проблемой. Так, в 2008 году число человеко-дней нетрудоспособности у потерпевших составило 108,7 тысяч. Необходимость расследования несчастных случаев на производстве установлена ст. 229 Трудового кодекса Республики Беларусь и ст. 25 Закона Республики Беларусь «Об охране труда».

Порядок расследования несчастных случаев на производстве определен Правилами расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2004 г. № 30. К сожалению, приходится констатировать, что около 20 % несчастных случаев расследуется нанимателями (работодателями) с нарушением требований указанных Правил. В результате документы, составленные нанимателями (работодателями) по результатам расследования несчастных случаев, направляются на перерасследование.

Следует отметить, что важнейшее средство борьбы с производственным травматизмом – изучение обстоятельств, при которых произошли несчастные случаи, с целью установления их причин. Для недопущения в дальнейшем несчастных случаев нанимателем (работодателем) с учетом их причин вырабатываются и вносятся необходимые корректирующие действия в систему управления охраной труда организации.

Более подробный анализ несчастных случаев на производстве хотелось бы рассмотреть на примере концерна «Белнефтехим» за период первого полугодия 2008 года.

В первом полугодии 2008 года по сравнению с аналогичным периодом 2007 года общий уровень травматизма в организациях концерна «Белнефтехим» возрос с 27 до 37 потерпевших. Коэффициент часто-

ты производственного травматизма за 6 месяцев 2008 года составил 0,31, что на 35 % выше, чем за 6 месяцев 2007 года. Увеличилось также количество потерпевших, которые получили тяжелые травмы (с 7 до 13 потерпевших), количество погибших на производстве уменьшилось с 4 до 3 человек. В одном случае со смертельным исходом и 8 случаях с тяжелым исходом вина нанимателя не установлена.

Гибель работников на производстве допущена в ОАО «Белшина», ОАО «Мозырский НПЗ» и РУП «ПО Беларуськалий». В несчастном случае, допущенном в ОПО «Белшина», вина нанимателя не была установлена.

Тяжелые травмы зарегистрированы в 11 организациях концерна. При этом их всех случаев с тяжелыми последствиями нахождение потерпевшего в состоянии алкогольного опьянения было установлено только при несчастном случае с тяжелым исходом, допущенном в ОАО «Трест Шахтоспецстрой» 14 января 2008 года.

Анализ материалов расследования показывает, что основными причинами производственного травматизма с тяжелыми последствиями в организациях концерна в первом полугодии 2008 года явились:

- невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда (неудовлетворительная организация работ повышенной опасности, недостаточный контроль за действиями подчиненного персонала) – 35 %;
- нарушение потерпевшим трудовой дисциплины, невыполнение обязанностей по охране труда – 22 %;
- личная неосторожность потерпевшего – 19 %;
- конструктивные недостатки, износ оборудования, несовершенство технологического процесса – 18 %;
- прочие – 6 %.

По результатам расследования несчастных случаев за 6 месяцев 2008 года с 5 работниками организации концерна (РУП «Беларуськалий», ОАО «Гродно Химволокно», ОАО «Трест Шахтоспецстрой» и с 2 работниками в ОАО «Мозырский НПЗ»), допустившими нарушения законодательства о труде и охране труда, повлекшие смерть или увечье других работников, были расторгнуты контракты.

В целях предупреждения подобных несчастных случаев следует:

- проработать обстоятельства и причины несчастных случаев на совещании с руководителями и специалистами подразделений, а также с рабочими на 5-минутных предсменных инструктажах с записью в раздел 8 Личных карточек инструктажа и обучения по охране труда работника;
- повысить требовательность комиссий по проверке знаний руководителей, специалистов и рабочих по вопросам охраны труда. Условием положительной аттестации работника по охране труда следует считать знания им своих обязанностей по охране труда, нормативных правовых актов, регламентирующих вопросы безопасности и охраны труда, находящихся в компетенции работника;
- обеспечить полноту разработки мероприятий, обеспечивающих безопасность выполнения огневых, газоопасных, ремонтных работ и работ на высоте, оформляемых нарядом-допуском, а также проектом (планом) производства работ;
- принимать жесткие меры к нарушителям трудовой дисциплины за появление на рабочем месте в состоянии алкогольного опьянения, однократное грубое нарушение правил охраны труда, повлекшее увечье или гибель других работников, систематическое неисполнение возложенных на работника обязанностей по соблюдению требований охраны труда или обеспечению охраны труда подчиненных работников, применять меры в соответствии со ст. 42 Трудового кодекса;
- обеспечить при разработке проектов (планов) производства работ наличие технических и организационных мероприятий по безопасному производству работ;
- обеспечить оформление наряда-допуска на проведение работ повышенной опасности в действующих цехах производства;
- организовать целевую проверку соответствия установленным требованиям допуска работников к работам по смежным профессиям, в том числе наличие обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда;
- обеспечить проведение оперативного контроля за полнотой разработки мероприятий, обеспечивающих безопасность выполнения огневых, газоопасных, ремонтных работ и работ на высоте, оформляемых нарядом-допуском, а также выполнение мероприятий по подготовке и проведению работ, предусмотренных нарядом-допуском и проектом производства работ, в полном объеме.

УДК 658.621.78

Анализ условий труда в гальванических цехах

Студентка гр.104215 Анушко Т.Ю.
Научный руководитель – Киселева Т.Н.
Белорусский национальный технический университет

Условия труда при нанесении гальванических покрытий определяются видом технологических операций, основными из которых являются: подготовка поверхности перед нанесением покрытия; приготовление растворов и электролитов; нанесение покрытий; обработка полученных изделий.

Для каждого этапа технологического процесса характерно воздействие определенных вредных и опасных производственных факторов. При подготовке поверхностей деталей перед нанесением покрытий широко используются механические методы очистки поверхностей: шлифование, пескоструйная и дробеструйная обработка, струйная обработка, галтовка в жидкой среде и сухая. Достаточно эффективными широко используемыми методами подготовки поверхностей являются химические, химико-механические, электрофизические и электрохимические. При проведении указанных технологических процессов условия труда характеризуются следующими вредными и опасными производственными факторами: повышенным уровнем шума и вибрации, повышенным напряжением в электрической цепи, повышенным уровнем запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны. При использовании химических и электрохимических методов помимо физических факторов большое значение при формировании условий труда отводится химическим веществам. Например, при обезжиривании поверхностей органическими и щелочными растворителями в воздух рабочей зоны выделяются пары органических растворителей, пары каустической соды, щелочных растворов. Возможно получение травм и ожогов брызгами щелочных растворов. Хорошие результаты на этой стадии технологического процесса наблюдались при использовании химического травления поверхностей перед нанесением покрытий. Однако при этом помимо указанных факторов на условия труда оказывает влияние наличие повышенного уровня ультразвуковых колебаний.

Приготовление электролитов и нанесение покрытий характеризуется широкой гаммой применяемых химических веществ. Это соли никеля, хрома, меди, цинка, кислоты, щелочи, фенол, формальдегид, триэтанолламин и другие вещества, воздействие которых на организм человека может привести к отравлениям, ожогам, профессиональным заболеваниям. Пары и туманы многих химических соединений, используемых на рассматриваемой стадии технологического процесса, обладают раздражающим действием на дыхательные пути (аммиак, окислы азота, хлористого водорода, серной кислоты). Попадание концентрированных кислот и щелочей на кожу и в глаза может вызвать химические ожоги. Особую опасность представляет непосредственный контакт с никелем и хромом. Являясь сильными аллергенами они могут вызывать поражение кожи типа экзем, дерматитов, хромовых язв. Эти заболевания носят рецидивирующий характер при самом незначительном контакте с рассматриваемыми веществами. Вдыхание паров соединений хрома в незначительных концентрациях вызывает раздражение слизистой, насморк, небольшие носовые кровотечения. При действии больших концентраций возможно омертвление отдельных участков слизистой, вплоть до прободения хрящевой части носовой перегородки. Безопасность труда в процессе нанесения гальванических покрытий определяется не только составом, но и режимом работы электролита. При нарушении технологических требований (повышении плотности тока, концентрации и температуры электролита, увеличения времени обработки) происходит увеличение газообразования с поверхности ванн.

Для уменьшения уноса электролита с поверхности ванн в состав электролитов вводят различные добавки: ингибиторы кислотной коррозии, поверхностно-активные вещества. Использование присадок в сернокислых ваннах уменьшает выделение сернистого ангидрида в 5 раз, паров серной кислоты в 3 – 4 раза.

Заключительной операцией является полирование, которое осуществляется с помощью кругов из фетра, войлока, бязи, сукна и других материалов, периодически смазываемых полировальными пастами. Для операций полирования немаловажное значение имеет такой фактор как локальная вибрация при использовании ручного виброинструмента. В этом случае у рабочих может возникать онемение рук, «ползание мурашек» в кистях и пальцах, сильные боли в руках, судороги и слабость. Эти симптомы характерны для начальной стадии виброболезни.

Для оптимизации условий труда в гальванических цехах следует отдать предпочтение дистанционному управлению технологическими процессами, их механизации и автоматизации. Эти мероприятия позволят уменьшить или исключить контакт оператора с опасными и вредными производственными факторами. Оборудование, при работе которого выделяется в воздух рабочей зоны вредные вещества, должно быть оборудовано устройствами местной вытяжной вентиляции. Для исключения возникновения кожных заболеваний руки следует обрабатывать специальными кремами и мазями. Для защиты от растворителей, в том числе хлорированных углеводородов можно использовать пасты состава: метилцеллюлоза – 3,9 %; глицерин – 11,97 %; белая глина – 7,8 %; тальк – 7,8 %; вода – 68,8 %.

Для профилактики виброболезни, пылевой патологии и перенапряжения рук при шлифовально-полировальных операциях шлифовальные круги оборудуются устройствами местной вытяжной вентиляции в виде защитно-обеспыливающих кожухов. Рабочие гальванических цехов должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты: респираторами (РПГ-67, РУ-60М, «Лепесток»), защитными очками (ЗПС-80, ЗП2-60), спецодеждой, спецобувью.

Для предупреждения возникновения профессиональных заболеваний важная роль принадлежит предварительным и периодическим медицинским осмотрам рабочих гальванических цехов.

УДК 364.322 (613.6)

Обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний

Студентка гр.112317 Ивановская О.Э.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Общие положения:

Обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний – одна из самых крупномасштабных страховых программ, реализованных в Республике Беларусь.

Введена с 1 января 2004 г. Декретом Президента Республики Беларусь от 30 июля 2003 г. № 18 «Об обязательном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Осуществление возложено на Белорусское республиканское унитарное страховое предприятие «Белгосстрах».

В настоящее время порядок и условия проведения регулируются Положением о страховой деятельности в Республике Беларусь, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 25 августа 2006 г. № 530 «О страховой деятельности» (глава 14 «Порядок и условия проведения обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»), рядом постановлений Совета Министров Республики Беларусь и иными нормативными правовыми актами Республики Беларусь.

Обеспечивает финансовую защиту имущественных интересов застрахованных и иных физических лиц, связанных с утратой ими здоровья, профессиональной трудоспособности либо их смертью вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Компенсируя существенные материальные потери граждан в случае причинения их жизни или здоровью вреда, связанного с исполнением ими своих трудовых обязанностей, вносит важный вклад в общую систему социальной защиты населения.

Страхователями являются организации (включая иностранные), их обособленные подразделения, а также физические лица, которые в соответствии с законодательством предоставляют работу гражданам Республики Беларусь, иностранным гражданам, лицам без гражданства, проживающим в Республике Беларусь, или привлекают к работе таких граждан.

Застрахованными являются граждане:

- выполняющие работу на основании трудового договора (контракта);
- работающие по гражданско-правовому договору на территории страхователя и действующие под контролем страхователя за безопасным ведением работ либо действующие под контролем страхователя за безопасным ведением работ вне территории страхователя;
- выполняющие работу на основе членства (участия) в организациях любых организационно-правовых форм;
- являющиеся учащимися, студентами учреждений образования всех видов, клиническими ординаторами, аспирантами, докторантами и привлекаемыми к работам в период прохождения производственной практики (стажировки);
- содержащиеся в исправительных, лечебно-трудовых, воспитательно-трудовых учреждениях и привлекаемых к выполнению оплачиваемых работ.

В основу положены следующие важнейшие принципы:

- гарантированности застрахованным права на страховое обеспечение;
- экономической заинтересованности субъектов страхования в обеспечении здоровых и безопасных условий труда, профилактике несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- дифференциации страховых тарифов в зависимости от класса профессионального риска;
- обязательности регистрации страхователей у страховщиков, уплаты ему страховых взносов;
- формирования и расходования средств на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на солидарной основе;
- целевого использования средств обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Важнейший принцип гарантированности застрахованным права на страховое обеспечение обеспечивается:

- достаточным страховым резервом, формируемым на солидарной основе за счет взносов страхователей;

- профессиональным квалифицированным подходом страховщика к урегулированию страховых случаев и назначению страховых выплат;
- заявительным принципом назначения страховых выплат;
- независимостью страхового обеспечения от финансового страхователя – причинителя вреда.

УДК 331.471-055.2

Гигиенические требования к условиям труда женщин

Студенты гр.112317 Астапенко В.Н., Русак М.С., Блещик Е.Ю.
 Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Гигиенические требования к условиям труда женщин изложены в санитарных правилах и нормах СанПиН 9-72 РБ98, введенных с 31.12.1998 г.

Целью этого документа является предотвращение негативных последствий применения труда женщин в условиях производства, создание гигиенических безопасных условий труда с учетом анатомно-физиологических особенностей их организма, сохранение здоровья работающих женщин на основе комплексной гигиенической оценки вредных факторов производственной среды и трудового процесса.

Применение женского труда в промышленности выдвигает весьма важные гигиенические проблемы, связанные с физиологическими особенностями женского организма и его детородной функцией воспроизводства, имеющей огромное социальное значение.

Ряд производственных факторов – некоторые промышленные яды, вибрация, вынужденное положение тела, чрезмерное физическое напряжение, ионизирующее излучение - оказывают на женщин более неблагоприятное воздействие, чем на мужчин, работающих в тех же условиях.

Промышленные яды. Из специфически влияющих на организм женщины особое значение имеет группа органических веществ – так называемые неэлектролиты, растворяющиеся в жиролитоидах, т.е. углеводороды ароматического и жирного ряда и их производные. Эти яды, как уже указывалось, проникают в организм через все барьеры, они могут проникнуть в плод, через плаценту и могут выделяться с молоком.

Более токсичные вещества, особенно нитро- и аминопроизводные бензола и его гомологов, оказывают выраженное токсическое действие как на мать, так и на потомство.

Наблюдения показали, что в 41,6 % случаев дети матерей, имеющих контакт с бензолом, вскармливаются искусственно, так как не берут грудь из-за наличия бензола в молоке. Это подтверждено и в эксперименте на животных. При контакте с фтором в грудном молоке снижается содержание фосфора и кальция и нарушаются количественные соотношения этих микроэлементов.

Вибрация. В настоящее время почти во всех отраслях промышленности широко применяются виброинструменты, виброустановки, виброагрегаты. Специфическое значение для женского организма могут иметь вибрации больших амплитуд и малых частот, вызывающие сотрясение всего тела и колебательные движения отдельных органов; вибрации малых амплитуд и высоких частот в основном оказывают влияние на нервную систему, не вызывая значительного смещения органов.

Физическое напряжение и вынужденное положение тела. Эти два фактора часто сочетаются, поэтому их следует учитывать одновременно.

Вынужденное положение тела – стоячее, сидячее, наклонное, на корточках – имеет специфическое значение для женского организма.

Для женщин предпочтительны стационарные рабочие места и работы, выполняемые в свободном режиме и позе, допускающей перемену положения по желанию. Нежелательна постоянная работа «стоя» и «сидя».

Нормирование трудовых нагрузок на женщин должно проводиться с учетом анатомно-физиологических и других особенностей женского организма и обеспечивать физиологические нормативы тяжести труда в соответствии с Санитарными нормами. Женщины, работающие в производстве, должны быть обеспечены спецодеждой, обувью и защитными приспособлениями в соответствии с действующими типовыми нормами.

УДК 658.345

О системе управления охраной труда в энергетике

Студенты гр.106326 Герасимович А.С., Качанов А.В.
 Научный руководитель – Филянович Л.П.
 Белорусский национальный технический университет

Система управления охраной труда Министерства энергетики Республики Беларусь определяет основные требования к системе управления охраной труда, порядок планирования деятельности в области охраны труда, а также обязанности должностных лиц по обеспечению функционирования системы управления охраной труда в энергетике

Система управления охраной труда (далее – СУОТ) предусматривает непрерывное управление всеми видами деятельности, которые прямо или косвенно направлены на обеспечение охраны труда. Управление охраной труда осуществляется руководителями всех уровней в пределах предоставленных им полномочий и возложенной на них ответственности.

Минэнерго осуществляет общее руководство и координацию деятельности в области охраны труда организацией Минэнерго.

Управление охраной труда в Минэнерго, организациях Минэнерго строятся на следующих принципах: ориентация на цели в области охраны труда; принятие решений на основе данных о рисках; системный (прогаммно-целевой) подход к управлению охраной труда; вовлечение персонала в управление охраной труда; сотрудничество со всеми заинтересованными сторонами, от которых зависит безопасность труда; лидерство руководства; непрерывное совершенствование СУОТ.

В Минэнерго, организациях Минэнерго периодически проводится оценка функционирования СУОТ на основе результатов проведения установленных видов контроля за состоянием охраны труда, внутренних аудитов СУОТ в организациях Минэнерго.

Регулярный анализ функционирования СУОТ осуществляется для проведения корректирующих, предупреждающих действий и постоянного совершенствования СУОТ.

Нормативное правовое обеспечение деятельности в области охраны труда в организациях Минэнерго определяется наличием, соблюдением и ведением основных видов документов, предусмотренных: нормативными правовыми актами, в том числе техническими нормативными правовыми актами по охране труда; локальными нормативными правовыми актами организаций Минэнерго, содержащими требования по охране труда.

Основной целью Минэнерго в области охраны труда является обеспечение безопасности жизни, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда путем создания здоровых и безопасных условий труда работающих.

Руководство Минэнерго обеспечивает предоставление необходимых ресурсов для реализации политики в области охраны труда.

Основными направлениями политики в области охраны труда являются: соблюдение требований законодательства в области охраны труда; обеспечение безаварийной работы производственных объектов, предупреждение несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, улучшение условий и охраны труда на основе управления рисками; обучение, постоянное повышение квалификации работников по вопросам охраны труда, совершенствование навыков персонала по локализации и ликвидации инцидентов и аварий; организация мониторинга состояния условий и охраны труда; систематический анализ состояния охраны труда и принятие управленческих решений по совершенствованию СУОТ, на основе прошлых, настоящих или планируемых видов деятельности организаций Минэнерго; систематическое информирование работников об условиях труда, производственном травматизме, профессиональной заболеваемости, авариях на производственных объектах; привлечение профессиональных союзов и иных представительных органов работников к участию в формировании и реализации политики в области охраны труда, в работе по улучшению условий и охраны труда, профилактике несчастных случаев, заболеваний на производстве, аварий и инцидентов.

Минэнерго в пределах предоставленных полномочий осуществляет: государственное управление охраной труда на отраслевом уровне; определение политики в области охраны труда; разработку и принятие в пределах своей компетенции отраслевых правил по охране труда, типовых инструкций по охране труда, других нормативных правовых актов, содержащих требования по охране труда, разработку и реализацию отраслевых целевых программ по улучшению условий и охраны труда; контроль за соблюдением требований по охране труда в организациях Минэнерго; анализ результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда, причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в организациях Минэнерго, разработку и реализацию мер по их профилактике; организацию обучения, повышения квалификации и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов организаций Минэнерго; организацию проведения научно-исследовательских работ в области условий и охраны труда; информационное обеспечение организаций Минэнерго по вопросам охраны труда; пропаганду и распространение передового опыта в области охраны труда в организациях Минэнерго; сотрудничество всех субъектов социально-трудовых отношений в решении вопросов охраны труда; международное сотрудничество в пределах своей компетенции по вопросам

охраны труда; мониторинг и оценку результативности осуществляемых действий в области охраны труда; анализ функционирования СУОТ в целом по отрасли.

Нормативное правовое обеспечение по вопросам охраны труда Минэнерго в пределах своей компетенции осуществляет разработку и принятие нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда, регулярно информирует организации Минэнерго о состоянии охраны труда, принятых нормативных правовых актах, технических нормативных правовых актах в этой сфере.

В организации Минэнерго направляются соответствующие информационные письма, которые доводятся до сведения заинтересованных на совещаниях, семинарах и других мероприятиях, а также через средства массовой информации, по электронной почте и другими способами.

Минэнерго осуществляет планирование деятельности по охране труда в организациях и подразделениях по разработке ежегодных, перспективных программ и планов по охране труда, пожарной, промышленной, радиационной и ядерной безопасности.

Ежегодное планирование организациями Минэнерго предусматривает разработку мероприятий, направленных на решение следующих задач: устранение (снижение) неприемлемых рисков; улучшение охраны и (или) условий труда; сокращение численности работающих, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда; обеспечение работающих санитарно-бытовыми помещениями в соответствии с требованиями законодательства; оснащение работающих необходимыми устройствами и средствами защиты; обеспечение обучения, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда; внедрение передового опыта и научных разработок по охране труда, мониторинг состояния условий и охраны труда.

Разрабатываются мероприятия по управлению рисками провозглашенной политики в области охраны труда; требований законодательства в области охраны труда, пожарной, промышленной, радиационной и ядерной безопасности; идентифицированных опасностей и оцененных рисков; технологических, финансовых и других потребностей хозяйственной деятельности.

Осуществляется стимулирование деятельности по обеспечению охраны труда и ответственность за несоблюдение требований охраны труда.

УДК 621.791:658.382.3

Характеристика ультрафиолетового излучения электрической дуги при сварочных процессах

Студент гр.104815 Зновец А.А.

Научный руководитель – Данилко Б.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сварочные процессы, при котором источником нагрева является электрическая дуга, характеризуются ультрафиолетовым излучением (УФИ) значительной интенсивности. Эти излучения могут быть причиной профессиональных поражений органов зрения (электроофтальмия глаз), кожных покровов, также воздействуют на иммунную систему.

В зависимости от волнового спектра УФИ подразделяются на три области – УФА – длинноволновой, загарный ультрафиолет с длиной волны 315 – 500 нм, УФВ – средневолновой, эритемный ультрафиолет с длиной волны 280 – 315 нм, УФС – коротковолновый, бактерицидный ультрафиолет с длиной волны 200 – 280 нм.

Санитарными нормами установлены допустимые интенсивности ультрафиолетового излучения (ДИИ) при проведении электросварочных работ с учетом области излучения. ДИИ в области УФА – 10,0 Вт/м², в области УФВ и УФС (суммарно) – 1,0 Вт/м² с использованием специальной одежды и средств защиты лица и рук.

Исследования УФИ при выполнении электродуговых сварочных процессов показали, что фактическая интенсивность ультрафиолетового излучения значительно превышает ДИИ, особенно в области УФА и УФС (суммарно). Так при электродуговой сварке покрытыми электродами при величине сварочного тока 100 – 150 А интенсивность ультрафиолетового излучения в области УФА равно 11 – 15 Вт/м², при токе 200 – 250 А – 15 – 18 Вт/м², в области УФВ – 2,5 – 4,8 Вт/м², в области УФС – 0,15 – 0,35 Вт/м².

Более мощное ультрафиолетовое излучение наблюдается при электродуговой сварке в защитных газах. Так при сварке в углекислом газе и аргоно-дуговой сварке неплавящимся электродом ультрафиолетовое излучение в 2 раза, а при аргоно-дуговой сварке плавящимся электродом в 5 – 10 раз больше, чем при электродуговой сварке покрытыми электродами. Автоматическая электродуговая сварка под флюсом характеризуется меньшей опасностью поражения глаз, так как электрическая дуга закрыта слоем флюса. Однако при сварке под флюсом возможно неожиданное появление открытой электрической дуги при прекращении

подачи флюса в сварочную ванну. При выполнении плазменной сварки и плазменной резки уровни ультрафиолетового излучения более высоки, чем при электросварочных работах.

На сварщиков и окружающих работников воздействует не только прямое излучение, но также рассеянное и отраженное излучение. В связи с этим для предупреждения отраженного ультрафиолетового излучения рекомендуется окрашивать стенки сварочных кабин, стены сварочных цехов и переносные ширмы в светлые матовые цвета с использованием диффузно-поглощающих красок.

Для защиты сварщиков от воздействия УФИ используется специальная одежда, специальные рукавицы, маски и щитки со специальными стеклами-светофильтрами. В последнее время широкое применение находят сварочные маски типа «хамелеон» с автоматическими светофильтрами. Светофильтры автоматически затемняются при зажигании сварочной электрической дуги и автоматически возвращаются в исходное прозрачное состояние после окончания сварки. Степень затемнения светофильтра устанавливается автоматически в зависимости от условий сварки и величины сварочного тока. Время срабатывания на затемнение (закрытие) – 1/20000 – 1/30000 с, на открытие (возвращение в исходное состояние) – 0,1 – 1,0 с. Опыт эксплуатации сварочных масок типа «хамелеон» подтвердил эффективность и надежность защиты глаз сварщиков.

УДК 331.45: 621(035)

Холодильные агенты и их влияние на организм человека

Студентка гр.108716 Домашкевич С.А.

Научный руководитель – Ушакова И.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Холодильный агент – вещество, без которого невозможен термодинамический цикл или процесс получения холода. Основными холодильными агентами, которые наиболее часто используются в промышленности, являются аммиак и хладоны (R 18 и R 22). Холодильные агенты должны быть как можно менее токсичны, пожаровзрывобезопасны и неагрессивны по отношению к конструкционным материалам. Однако найти такое вещество, удовлетворяющее всем эти требованиям, невозможно. Очень важным является влияние холодильных агентов на организм человека, так как в помещениях холодильных установок возможны утечки аммиака и хладонов. Рассмотрим действие на организм человека аммиака и хладонов (R 18 и R 22).

Аммиак представляет собой бесцветный газ с резким удушливым запахом. Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³. При больших концентрациях он вызывает сильные отравления, раздражения слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Сильное отравление сопровождается головокружением, ослаблением пульса. Он может вызвать отек легких, судороги, потерю сознания. Пребывание человека в течении 30 мин и более в помещении с концентрацией аммиака 0,5 – 1 % может привести к смертельному исходу. При отравлении аммиаком активизируется туберкулез, возможен паралич и глухота. Жидкий аммиак вызывает тяжелые ожоги. Особенно опасно попадание в глаза, даже одной капли аммиака. Помимо возможного прободения роговицы, хрусталика и стекловидного тела, ожог глаз аммиаком зачастую приводит к полной слепоте.

Из органических хладагентов наиболее часто используется в промышленности хладон R12 и хладон R22. Хладон R12 имеет химическое название дифторхлорметан. В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом, который ощущается при концентрации в воздухе более 20%. Предельно допустимая концентрации хладона R12 составляет 300 мг/м³. Он относится к 4 классу опасности – малоопасным веществам. Однако при концентрации в воздухе этого хладона более 30% наступает удушье. Высокая плотность хладона R12 препятствует поступлению свежего воздуха. Хладон R12 при соприкосновении с нагретыми поверхностями или при воздействии открытого пламени при температуре выше 330⁰C разлагается, образуя ядовитые вещества, такие как фтористый и хлористый водород, оксид углерода и фосген. Продукты разложения не имеют запаха и цвета, что увеличивает опасность отравления. Утечки R12 обнаруживают с помощью галоидной лампы, обмыванием, электронным течеискателем.

Хладон R22 имеет химическое название дифторхлорметан. В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом хлороформа. Несмотря на то, что предельно допустимая концентрация составляет 3000 мг/м³, он более вреден, чем R12, так как обладает наркотическим действием. Вызывает слабость, переходящую в сонливость, спутанность сознания., при больших концентрациях – удушье. При попадании на кожу, жидкие хладоны могут вызвать и обморожение (пузыри, некроз).

Основными средствами индивидуальной защиты являются изолирующие и фильтрующие противогазы, резиновые сапоги и перчатки, защитный костюм. Помещения холодильных установок должны быть оснащены автоматическими газоанализаторами, оборудованы предупреждающей световой и звуковой сигнализацией, а также спринклерными системами тушения пожара. Особые требования безопасности предъ-

являются к помещениям, где возможна утечка аммиака. При достижении концентрации аммиака более 0,21% система противоаварийной защиты должна обеспечить отключение электропитания, включение аварийной вентиляции.

УДК 658.345

Охрана труда молодежи

Студенты гр.105427 Котковская А.А., Ягур Т.В.
Научный руководитель – Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что охрана труда тесно связана с состоянием экономики, техническим состоянием производства и сферой социальной поддержки в государстве. Охрана труда молодежи требует должного внимания со стороны законодателей.

Ситуация на молодежном рынке труда довольно сложная. Заметно повысился интерес к работе в свободное от учебы время у молодежи, в том числе и у несовершеннолетних подростков.

Для подготовки молодежи к производственному труду допускается прием на работу обучающихся для выполнения легкого труда, не причиняющего вреда здоровью и не нарушающего процесса обучения, в свободное от учебы время до достижения ими 14-летнего возраста с согласия родителей, усыновителя или попечителя.

Запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет на тяжелых работах, а также на работах, выполнение которых может причинить вред их нравственному развитию (в игорном бизнесе, ночных кабаре и клубах, в производстве, перевозке и торговле спиртными напитками, табачными изделиями, наркотическими и токсическими препаратами).

Запрещаются переноска и передвижение несовершеннолетними тяжестей, превышающих установленные для них предельные нормы.

Список тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет, утверждается в порядке, установленном законодательством.

Запрещается привлекать работников моложе восемнадцати лет к ночным и сверхурочным работам и к работам в выходные дни.

Работникам моложе 18 лет ежегодный оплачиваемый отпуск устанавливается продолжительностью не менее 31-го календарного дня и может быть использован ими в любое удобное для них время года.

Работодатель обязан принимать на работу лиц, окончивших образовательное учреждение начального, среднего и высшего профессионального образования на основе договоров (контрактов), заключаемых ими с работодателем, или на основании договоров о подготовке специалистов, заключаемых образовательными учреждениями и работодателями.

УДК 621.373.826

Охрана труда и снижение производственного травматизма – необходимые условия стабильной работы предприятий

Студентка гр.113616 Казачинская Е.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Охрана труда является важнейшим социально-экономическим вопросом, требующим к себе постоянного внимания со стороны государства, работодателей, объединений работников. Неудовлетворительные условия труда, производственный травматизм и профессиональные заболевания несут обществу большие экономические затраты. По экспертным оценкам потери общества от одного несчастного случая со смертельным или тяжелым исходом составляют сумму эквивалентную 163 тыс.евро.

В настоящее время реализуется Целяя программа по улучшению условий и охраны труда в организациях города Минска на 2006-2010 гг., утвержденная решением сессии Минского городского Совета депутатов от 23 марта 2006 г № 227, а также районные целевые мероприятия.

По итогам проведенной работы в организациях г.Минска в 2009 году по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 27% снижен уровень производственного травматизма со смертельным исходом

(11 месяцев 2009 г. – 24 случая, 11 месяцев 2008 г. – 33) и на 9,6 % - с тяжелым исходом (11 месяцев 2009 г. – 178 случаев, 11 месяцев 2008 г. – 197).

Основными причинами травматизма являются:

- нарушение потерпевшим трудовой и производственной дисциплины, требований нормативных правовых актов;
- невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда;
- допуск к выполнению работ без обучения, инструктажа и проверки знаний;
- нарушение требований безопасности при эксплуатации машин, оборудования;
- неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест.

Материалы специальных расследований свидетельствуют, что 24 % погибших и 7,8 % потерпевших, получивших тяжелые травмы, находились в состоянии алкогольного опьянения.

В системе профилактических мероприятий на обеспечение безопасных условий труда и снижение профессиональных заболеваний, важное место занимают средства индивидуальной защиты, которые применяются в тех случаях, когда безопасность работника не может быть обеспечена другими техническими средствами. Современный уровень развития техники и технологий позволяет надежно защитить человека лишь при условии рационального выбора и правильного применения соответствующих средств.

Изложенное выше свидетельствует о том, что работники должны неукоснительно соблюдать обязанности по охране труда, а именно:

- соблюдать требования по охране труда, а также правила поведения на территории организации, в производственных, вспомогательных и бытовых помещениях;
- использовать и правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты;
- проходить в установленном законодательством порядке медицинские осмотры, подготовку (обучение), переподготовку, стажировку, инструктаж, повышение квалификации и проверку знаний по вопросам охраны труда;
- немедленно сообщать работодателю о любой ситуации, угрожающей жизни или здоровью работающих и окружающих, несчастном случае, произошедшем на производстве, оказывать содействие работодателю по принятию мер для оказания необходимой помощи потерпевшим и доставки их в организацию здравоохранения;
- исполнять другие обязанности, предусмотренные законодательством об охране труда.

Значительное число нарушений действующего законодательства происходит из-за некомпетентности работников и, в частности, руководителей, их неумения организовать работу в данном направлении. Следовательно, необходимым условием успешного решения всего комплекса проблем охраны труда, профилактики производственного травматизма, профессиональных заболеваний должно стать повышение уровня знаний по этим вопросам руководителей и их заместителей, специалистов по охране труда.

Для комплексного решения проблемных вопросов безопасности и гигиены труда в прошлом году проведено 2 заседания совета по координации деятельности органов государственного надзора и контроля и общественного контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда при Минском городском исполнительном комитете, на которых заслушаны отчеты руководителей организаций коммунальной и негосударственной собственности, допустивших рост производственного травматизма. В организациях, где состояние охраны труда особо неблагоприятно, инициированы комплексные проверки.

Вместе с тем, в качестве рычага управления охраной труда может выступать не только привлечение работников к ответственности за допущенные нарушения требований охраны труда, в том числе штрафные санкции, но и материальное стимулирование за успешную работу в данном направлении.

Для повышения заинтересованности работодателей в создании здоровых и безопасных условий труда ежегодно проводится смотр-конкурс на лучшую организацию работы по охране труда среди организаций различных форм собственности по 4 группам: организации непромышленной сферы; организации производственной сферы; организации производственной сферы с численностью работающих до 1 тысячи; организации производственной сферы с численностью работающих от 1 до 5 тысяч; организации производственной сферы с численностью работающих 5 тысяч и более.

Основными критериями оценки для определения победителей являются результаты работы по улучшению условий труда, санитарно-бытовое обеспечение и лечебно-профилактическое обслуживание работающих, эффективность профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Особое внимание уделяется внедрению на предприятиях систем управления охраной труда в соответствии с государственными стандартами.

По итогам смотра-конкурса проводимого в 2008 году, решением Мингорисполкома от 23.04.2009 № 887 были определены победители по четырем номинациям с присвоением званий «Образцовая организация города Минска по охране труда» и вручением денежной премии. Первые места в номинациях заняли РУП «Белгипроводхоз», КУП «Спецкоммунавтотранс», КУП «Городской молочный завод № 1», РУП «Минский тракторный завод».

Таким образом, в нашей республике была создана система мер, направленная на повышение уровня охраны труда и профилактику производственного травматизма. Деятельность в этом направлении постоянно совершенствуется, так как организация и улучшение условий труда на рабочих местах является одним из важнейших ресурсов экономической эффективности производства.

УДК 658.382

Условия труда пользователей ПЭВМ

Студент гр. 417418 Федоров С.В.
Научный руководитель – Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Работающие с ПЭВМ могут подвергаться воздействию различных опасных и вредных производственных факторов, основными из которых являются: физические (уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового излучений, статического электричества, запыленности воздуха рабочей зоны; содержание положительных и отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны; температура, относительная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны; уровень шума технологического оборудования; освещенность рабочей зоны, уровень прямой и отраженной блескости, яркость светового потока, уровень пульсации светового потока), химические (содержание в воздухе рабочей зоны озона, оксида углерода, аммиака, фенола, формальдегида, полихлорированных фенолов), психофизиологические (напряжение зрения, памяти, внимания; длительное статическое напряжение; большой объем информации, обрабатываемой в единицу времени; монотонность труда; нерациональная организация рабочего места; эмоциональные перегрузки).

Один из наиболее существенных из них – воздействие электромагнитного поля (ЭМП), генерируемого составными элементами ПЭВМ – монитором, процессором, блоком питания. Электромагнитная обстановка на рабочем месте также формируется в результате электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц), источником которого являются линии электропередачи, трансформаторные подстанции, распределительные щиты, электропроводка.

На уровень ЭМП на рабочем месте влияет не только монитор, но и весь комплекс оборудования, установленного на рабочем месте, организация электропитания, устройство защитного заземления (зануления), режим работы ПЭВМ, наличие заземленного экрана и другие.

Анализ результатов проведенных исследований на 20–40 рабочих местах по каждому типу ПЭВМ показывает, что в целом параметры ЭМП и электростатического поля (ЭСП) не превышают предельно допустимых уровней. Однако имели место случаи, когда напряженность ЭМП по электрической составляющей превышала ПДУ (даже в несколько раз). Так зафиксированы превышения ПДУ по электрической составляющей на частоте 5 – 2000 Гц у мониторов SAMTRON, FLATRON, PHILIPS, INTEGRAL (ЖКИ), CTX и ноутбуков; на частоте 2 – 400 кГц – у мониторов FLATRON, CTX и ноутбуков. Превышений плотности магнитного потока на рабочих местах пользователей ПЭВМ практически не отмечалось. Вышеуказанные превышения параметров ЭМП отмечались при организации рабочих мест с несоблюдением рекомендаций СанПиН 9-131 РБ 2000 (фон проводов питающей сети при минимальном удалении от рабочего места, нахождение в непосредственной близости от розеток, использование удлинителей, отсутствие защитного заземления оборудования, расположение нескольких рабочих мест в небольших помещениях – менее 6 м² площади и менее 20 м³ объема помещения из расчета на одно рабочее место).

Результаты замеров ЭСП у экрана монитора показали величины не превышающие допустимых значений. Аналогичные результаты получены при замерах вблизи поверхности клавиатуры. Однако иногда фиксируются значения превышающие ПДУ, что можно объяснить накоплением пыли или загрязнением при длительной эксплуатации клавиатуры и несвоевременной чисткой ее. Поэтому следует чаще производить профилактическую мойку и чистку оборудования с использованием специальных влажных салфеток, смоченных составом с антистатическим агентом.

Результаты проведенных исследований необходимо учитывать при выборе помещений для эксплуатации и разработке планировочных решений по организации рабочих мест пользователей ПЭВМ. Кроме того следует учитывать параметры микроклимата (температуру, влажность и скорость движения воздуха), освещенность рабочих поверхностей, уровень шума, содержание вредных химических веществ, уровни ионизации воздуха.

Измерения параметров микроклимата показали, что температура, влажность и скорость движения воздуха, интенсивность инфракрасного (теплого) излучения на рабочих местах, как правило, соответствовала оптимальным величинам. Однако, если в помещениях (в основном административных) окна были выплены из ПВХ, температура воздуха на рабочих местах превышала допустимые особенно в холодный период года. Поэтому периодическое проветривание помещений следует проводить во всех производственных

помещениях, где работают люди с компьютерами. Возможно применение в помещениях таких устройств, как ионизаторы и увлажнители воздуха.

Отмечается наличие в воздухе рабочей зоны указанных выше вредных веществ в количествах, не превышающих допустимые величины. При работе лазерных принтеров выделяется озон. Длительная работа компьютера приводит к снижению концентрации кислорода, повышению концентрации озона. Озон является сильным окислителем и концентрация его выше предельно допустимых величин может привести к неблагоприятным обменным реакциям организма, изменяя активность ряда ферментов, способствует нарушению зрения.

Источниками шума являются принтеры (лазерный, струйный, матричный), вентиляторы блока питания, шум клавиш при наборе информации и др. Превышений допустимых значений уровня шума как правило не наблюдалось, за исключением рабочих мест, на которых использовались АЦПУ, матричные принтеры и другое шумное оборудование. Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов.

При длительной работе за экраном ВДТ возникает напряжение зрительного аппарата. При неправильном выборе яркости и освещенности экрана, контрастности знаков, цветов знаков и фона, при наличии бликов на экране, дрожании и мелькании изображения работа на ВДТ приводит к зрительному утомлению, головным болям, раздражительности, нарушению сна, усталости и болезненному ощущению в глазах, пояснице, в области шеи, рук.

Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (желательно слева) и обеспечивался коэффициент естественной освещенности не ниже 1,5%. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк.

Схемы размещения рабочих мест должны учитывать расстояния между рабочими столами с видеомониторами, которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Выполнение многих операций при работе на ПЭВМ требует длительного статического напряжения мышц спины, шеи, рук, ног, что приводит к быстрому развитию утомления. Указанные особенности работы зачастую усугубляются нерациональной высотой рабочей поверхности стола и сидения, отсутствием опорной спинки и подлокотников, неудобными углами сгибания в плечевом и локтевом суставах при выполнении рабочих движений, углом наклона головы, неудобным размещением документов, ВДТ и клавиатуры, неправильным углом наклона экрана, отсутствием пространства и подставки для ног.

Важное значение для предупреждения утомления работающих имеет также правильный выбор режима работы видеодисплейного терминала, применение защитных фильтров (с обязательным их заземлением), определение оптимальных и допустимых диапазонов визуальных эргономических параметров видеотерминала, использование светозащитных средств.

Совокупное воздействие на работающего с ПЭВМ всех вредных производственных факторов снижает общий биоэнергетический потенциал и сопротивляемость организма. Особенно их действие усиливается, если не соблюдается режим труда и отдыха, не проводится производственная гимнастика, витаминизация организма.

УДК 66.013.8

Санитарно-бытовое обеспечение работников. Оборудование санитарно-бытовых помещений, их размещение

Студентка гр.113516 Коршунова Т.В.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Большое значение для создания благоприятных условий труда, повышения производительности, снижения общей и профессионально обусловленной заболеваемости имеет санитарно-бытовое обеспечение работающих.

Санитарно-бытовые и вспомогательные помещения, их размещение, размеры и оборудование должны соответствовать требованиям строительных норм Республики Беларусь СНБ 3.02.03-03 «Административные и бытовые здания», утвержденных приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 28.07.2003 № 142, санитарных правил и норм СанПиН 9-94 РБ 98, СанПиН 11-07-94 «Санитарные правила по устройству и оборудованию санитарно-бытовых помещений для рабочих строительных и строительномонтажных организаций», утвержденных Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 27.01.1994.

Помимо вышеназванных нормативных правовых актов, нормы, регулирующие санитарно-бытовое обеспечение работающих, закреплены в ст. 231 Трудового кодекса Республики Беларусь. Так, нанимателями оборудуются с учетом характера производства санитарно-бытовые помещения (гардеробные, умывальные, туалеты, душевые, комнаты личной гигиены, помещения для приема пищи (столовые), обогрева, отдыха и др.), оснащенные необходимыми устройствами и средствами, организуется питьевое водоснабжение. Нормы обеспеченности и требования к указанным помещениям, устройствам и средствам устанавливаются соответствующими нормативными правовыми актами по охране труда.

Для расчета площади, оборудования и устройств бытовых помещений устанавливается списочная численность работающих (при наиболее многочисленной смене численность работающих).

Санитарно-бытовые помещения (тип гардеробных, оборудования, состав специальных помещений) зависят от групп производственных процессов.

Группа производственных процессов определяется по технологическому процессу с учетом вредных факторов производственной среды (избытки явного тепла и пыли, химические вещества 1 – 4 классов опасности, неблагоприятные метеорологические условия). Также учитывается загрязнение рук, тела, спецодежды.

В набор санитарно-бытовых помещений входят:

- гардеробные, душевые, умывальные, уборные, комнаты гигиены женщин;
- курительные, комнаты приема пищи и др.;
- здравпункты и устройства, выполняющие вспомогательные функции.

Гардеробные предназначены для хранения уличной, домашней и спецодежды. В гардеробных количество шкафов и отделений в них для домашней, спецодежды должно соответствовать списочной численности работающих.

Душевые должны размещаться смежно с гардеробными. При душевых с количеством душевых сеток более четырех следует предусматривать преддушевые (предназначенные для вытирания тела). Душевые должны быть оборудованы открытыми душевыми кабинами, огражденными с трех сторон. Для инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата должны быть установлены закрытые душевые кабины.

Умывальники также размещаются смежно с гардеробными помещениями. Допускается установка умывальных непосредственно в гардеробных на предусмотренных для этой цели площадях. До 40 % необходимого количества умывальников допускается размещать вблизи рабочих мест в производственных помещениях, в том числе в тамбурах при уборной.

Уборные в многоэтажных административных, бытовых и производственных зданиях должны быть на каждом этаже. При численности работающих на двух смежных этажах не более 30 человек допускается установка уборных только на этаже с наибольшей численностью работающих. При численности работающих в наиболее многочисленной смене не более 15 человек допускается предусматривать общую уборную для мужчин и женщин. Вход в уборную следует устраивать через тамбур с самозакрывающейся дверью.

В гардеробных, туалетах, умывальниках, душевых полы должны быть влагостойкими, с нескользкой поверхностью, светлых тонов, стены и перегородки облицованы на высоту 1,8 м влагостойкими материалами светлых тонов, допускающими легкую очистку и мытье горячей водой.

В санитарно-бытовых помещениях следует предусматривать помещение для курения, которое размещается смежно с помещениями для отдыха в рабочее время или с уборными. Все курительные оборудуются вытяжной вентиляцией.

В зависимости от технологического процесса на предприятиях необходимо устройство помещений для обогрева или охлаждения, которые могут размещаться в зависимости от условий работы в отдельных помещениях, помещениях для отдыха в рабочее время.

Стирка и ремонт спецодежды должны производиться централизованно по мере необходимости, но не реже одного раза в месяц. В производствах, связанных с воздействием вредных химических веществ и инфицированных материалов, проводятся дегазация и дезинфекция. Поэтому для стирки спецодежды на производственных предприятиях должны предусматриваться прачечные с отделениями химической чистки и восстановления пропитки спецодежды. Допускается использование городских прачечных при условии наличия в них отделений химчистки и восстановления пропитки спецодежды.

Расстояние до уборных, курительных, помещений для обогрева или охлаждения, устройств питьевого водоснабжения от рабочих мест в производственных зданиях должно быть не более 75 м (для инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата – не более 60 м), а от рабочих мест на площадке предприятия – не более 150 м.

Все санитарно-бытовые помещения должны ежедневно убираться с использованием дезинфицирующих средств (разрешенных к применению Министерством здравоохранения Республики Беларусь) и проветриваться.

Приборы для мытья унитазов, писсуаров должны быть исправными. Полы в туалетах должны постоянно содержаться в сухом состоянии.

В душевых должны быть резиновые либо пластиковые коврики, вешалки для одежды и банных принадлежностей. Банные принадлежности и коврики необходимо ежесменно подвергать дезинфекции. Использование деревянных трапов и решеток не допускается.

Душевые должны обеспечиваться горячей водой в достаточном количестве для всех работающих, пользующихся душем.

При умывальниках должно быть мыло и регулярно сменяемые или разовые полотенца. Допускается использование воздушных осушителей рук. Выдаваемое мыло для индивидуального и для коллективного пользования не должно раздражать кожу рук.

УДК 331.45(476)

Создание здоровых и безопасных условий труда

Студентка гр.114617 Вшивкова Д.П.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Усиление внимания к человеку на производстве, возрастание роли субъективного фактора в промышленности – это общемировая тенденция. В промышленно развитых странах вопросам человеческого фактора в сфере производства уделяется серьезное внимание, причем важнейшим направлением здесь является проблема охраны труда и промышленной безопасности.

Республика Беларусь не является исключением. Для предотвращения несчастных случаев, травматизма, заболеваний работников на предприятиях государство реализует целевую программу по улучшению условий и охраны труда в организациях города Минска на 2006 – 2010 гг., утвержденную решением сессии Минского городского Совета депутатов от 23 марта 2006 г. № 227, а также районные целевые мероприятия. К примеру, месячники и семинары, мониторинги внедрения систем управления охраной труда. Также разрабатывается комплекс по техническому перевооружению и модернизации производств.

Кроме того, особое внимание уделяется подготовке, переподготовке и повышению квалификации работников по вопросам охраны труда. Таким образом, в г. Минске создана система мер, направленная на повышение уровня охраны труда и профилактику производственного травматизма.

Однако по данным Департамента государственной инспекции труда ежегодно на предприятиях и в организациях республики при выполнении работ травмируется свыше 10 тысяч человек, из них около 30 человек погибает, свыше 700 человек получают тяжелые травмы. В 2009 году государственными инспекторами труда выявлено и предписано к устранению 232 тыс. нарушений законодательства о труде и об охране труда. По оперативным данным Департамента государственной инспекции труда в январе 2010 года в результате несчастных случаев на производстве погибли 19 работников, что соответствует уровню января прошлого года.

Каковы же причины подобной ситуации в республике?

Анализ причин установленных нарушений требований безопасности труда показывает, что зачастую они являются следствием неисполнения должностными лицами всех уровней своих должностных обязанностей по созданию здоровых и безопасных условий труда.

Основной причиной несчастных случаев на производстве было и остается невнимательность работников к вопросам по охране труда, их неорганизованность и безразличие при проведении вводного и последующих инструктажей по технике безопасности. Много ли вы найдете сотрудников, имеющих представление и плане эвакуации в своей организации? Многие ли работники обращают внимание на запрещающие таблички и надписи? Вопрос остается открытым: как добиться выполнения работниками трудовой и производственной дисциплины, как заставить их интересоваться вопросами по охране труда, чем привлечь их к вопросам собственной безопасности.

Ответ может быть найден в самих служащих организации. Кому интересно выслушивать монотонный доклад по технике безопасности, повторяющийся из года в год? Кому нравятся картинки-призывы, выцветшие на стенах? Необходимо вносить свежее дыхание в проведение семинаров, месячников по охране труда, коренным образом перестраивать представление служащих о важных вопросах личной безопасности. К примеру, на Нововоронежской АЭС проводятся конкурсы по охране труда в деловой игре, выполняя тестовые задания, решая кроссворды и ребусы. Самым увлекательным заданием является конкурс игра-аналог теле-шоу «Что? Где? Когда?». В «Дальневосточной распределительной сетевой компании» ежегодно проводят соревнования по охране труда, включающие в себя несколько мероприятий, в том числе соревнования профессионального мастерства, акции «Неделя техники безопасности», конкурсы на звание «Лучший по профессии», взаимопроверки между филиалами по вопросам состояния охраны труда. Естественно, конкурсы не могут заменить основных форм обучения персонала, но они необходимы для того, чтобы заинтересо-

вать людей в повышении уровня знаний по охране труда. Из опыта мировой практики и из своего собственного мы знаем, что основным средством профилактики травматизма является обучение персонала. Чем лучше работники знают правила, чем глубже понимают их, тем безопаснее организован их труд.

Таким образом, организация действенной, а не показной заботы о создании условий для безопасного труда – залог успешного развития работников по данным вопросам. Необходимым условием успешного решения всего комплекса проблем охраны труда, профилактики производственного травматизма, профессиональных заболеваний должно стать повышение уровня знаний по этим вопросам руководителей и их заместителей, специалистов по охране труда.

УДК 331.453

Система менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда

Студентка гр.113536 Доморад Ю.Ф.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

С ростом масштабов производства и технологических возможностей увеличивается и масштаб последствий от аварий, а также опасность для здоровья и жизни работников этих производств. Промышленные компании стремятся, с одной стороны, уменьшить затраты, связанные с охраной здоровья и безопасностью труда, с другой, улучшить корпоративный имидж и одновременно повысить эффективность производства. Преследуя эти цели, предприятия внедряют у себя системы менеджмента охраны здоровья, когда знание предмета подменяется наличием подписи в соответствующем документе. Кроме того, за прошедшие годы была утрачена культура безопасности, а техника и технология не всегда соответствует новым требованиям. В этом случае наличие действенной системы позволит управлять рисками и, соответственно, уменьшить потери. В настоящее время все больше компаний уделяют внимание данному вопросу, одни организации ставят перед собой такие цели как отсутствие травм на производстве за определенный период, другие отказываются от услуг подрядчиков, если требования по безопасности не выполняются. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что системы менеджмента здоровья и безопасности на производстве будут приобретать все большее значение.

Сегодня инструментом для разработки, внедрения и эффективного функционирования такой системы являются международные стандарты OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда» и OHSAS 18002:2001 «Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда – Руководящие указания по внедрению OHSAS 18001». Данные стандарты разработаны Международной организацией по стандартизации (ISO) с целью управления профессиональными рисками в области безопасности и здоровья и повышения эффективности такого управления и направлен на выявление потенциальных опасностей и рисков, их последующее сокращение и предотвращение несчастных случаев, влекущих за собой потери трудоспособности, рабочего времени, производственные потери и наносящих урон окружающей среде.

Стандарт OHSAS 18001:2007 позволяет значительно снизить производственные риски. Действенность стандарта обусловлена тем, что он подходит к решению вопросов безопасности «системно». Именно системы менеджмента являются эффективным инструментом управления рисками и снижения их вероятности, поскольку основаны не на реагировании и «тушении пожаров», а на системном, логическом подходе, позволяющем предупреждать возможные аварийные ситуации.

Стандарт OHSAS 18001:2001 носит рекомендательный характер и направлен на оказание определенной помощи организациям по внедрению или улучшению системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда.

Достоинством стандартов OHSAS 18001 и OHSAS 18002 является то, что они применимы к любой организации (независимо от вида деятельности, отрасли промышленности и сектора экономики), которая желает:

- создать систему менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда для устранения или минимизации рисков для работников и других заинтересованных сторон, здоровье которых может подвергаться опасностям, связанным с осуществляемой ими деятельностью;
- внедрить, поддерживать в актуальном состоянии и постоянно улучшать систему менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда;
- убедиться в соответствии деятельности своей организации заявленной политике в области охраны здоровья и обеспечения безопасности труда;
- продемонстрировать соответствие настоящему стандарту охраны здоровья и обеспечения безопасности труда.

Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда в соответствии с требованиями OHSAS 18001 – это система менеджмента, позволяющая оценить производственные опасности, идентифицировать связанные с ними риски и эффективно управлять ими. В результате внедрения системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда возможности возникновения аварийных ситуаций сводятся к минимуму, снижаются производственные риски, обеспечивается должный уровень охраны здоровья персонала и соблюдения техники безопасности на рабочих местах.

В соответствии со стандартом OHSAS 18001 обязанности, полномочия и ответственность персонала, который осуществляет менеджмент, исполняет и проводит проверки деятельности, оказывающие влияние на риски, связанные с работой организации, ее оборудования и процессов, должны быть четко определены, документально оформлены и доведены до сведения всех работников. При этом вся ответственность за эффективную работу в области охраны труда и предупреждения профзаболеваний лежит на руководстве организации, за которым закреплена обязанность по предоставлению ресурсов, необходимых для внедрения, контроля и совершенствования системы менеджмента в рассматриваемой области.

Порядок проведения мероприятий по внедрению системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда:

- разработка политики и целей по организации безопасного производства и созданию безопасных и здоровых условий труда на каждом рабочем месте;
- анализ действующих процессов, видов деятельности для идентификации опасных и вредных производственных факторов, оценки риска от их воздействия, подготовка персонала в действиям в нестандартных (аварийных) ситуациях;
- разработка и внедрение мероприятий, направленных на предупреждение производственных аварий, инцидентов, производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- разработка процедур проведения расследований несчастных случаев, профессиональных заболеваний, производственных инцидентов;
- разработка компенсационных мероприятий для снижения воздействия вредных и опасных факторов.

Реализация программы по внедрению системы менеджмента охраны здоровья обеспечения безопасности труда откроет новые возможности для предприятия в рамках управления охраной труда на производстве. Среди основных преимуществ внедрения системы можно выделить следующие:

- снижение случаев летального исхода, травматизма, людских потерь и общего количества болезней персонала;
- сокращение прямых и косвенных издержек бизнеса, включая оплату больничных или страховки по состоянию нетрудоспособности работников;
- изменение корпоративной и производственной культуры организации, улучшение качества рабочих мест;
- увеличение уровня сатисфакции персонала во время исполнения своих профессиональных обязанностей и общего морального состояния компании;
- улучшение привлекательности и имиджа предприятия за счет низких показателей травматизма;
- управление возможными рисками и нестандартными ситуациями, возникающими на производстве.

Положительное воздействие внедрения системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда на уровне организации как на снижение опасностей и рисков, так и на производительность, в настоящее время признано правительствами, работодателями и работниками во всем мире.

УДК 628.511

Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата

Студенты гр.106116 Бочков А.С., Горовой И.А. и гр. 105427 Рощина Н.С.

Научный руководитель – Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Необходимым и обязательным условием эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий, т.е. микроклимата.

Подавляющее большинство работников выполняют свою работу при различных комбинациях метеорологических элементов, составляющих микроклимат: высоких (или низких) температурах воздуха, чередующихся с нормальной, высокой или низкой влажностью; со значительной интенсивностью инфракрасного излучения; с большой или малой подвижностью воздуха. Кроме того, значительное количество работников занято на работах на открытом воздухе (строительство, геология, сельское хозяйство и др.), в неотопляемых помещениях (строительство, изготовление крупногабаритных изделий в машиностроении, складское хозяйство, элеваторы и т.д.), морозильных камерах (пищевая и перерабатывающая промышленность). Все эти возможные сочетания параметров микроклимата по-разному влияют на тепловой обмен и тепловое состояние человека, его самочувствие, работоспособность и состояние здоровья.

Нарушение теплового баланса ведет к перегреву или переохлаждению и, в дальнейшем, к нарушению функционального состояния работника, снижению и потере трудоспособности, возникновению несчастных случаев, травм. В конечном итоге, при перегреве возможны потеря сознания и летальный исход, при переохлаждении – замерзание. Менее выраженные отклонения комбинаций параметров микроклимата, обеспечивающих комфортное состояние человека, способствуют продлению временной нетрудоспособности, возникновению профессиональной патологии.

Профилактика неблагоприятного воздействия параметров микроклимата заключается в приведении параметров микроклимата к оптимальным (допустимым) значениям.

Основным путем «оздоровления» условий труда в горячих цехах является изменение технологических процессов в направлении ограничения (экранирования) источников тепловыделений и уменьшения времени контакта работающих с нагревающим микроклиматом. Достигнуть уменьшения контакта работников с источниками теплового излучения и влагой, поступающей в воздух рабочей зоны, можно при помощи широкой автоматизации и механизации технологических процессов, герметизации производственного оборудования, перехода от циклических процессов производства к непрерывным, а также уменьшения физических усилий, напряжения внимания и предупреждения утомления работников.

Значительно уменьшаются теплоизлучение и поступление лучистого и конвекционного тепла в рабочую зону при применении средств теплоизоляции и экранирования. Расчеты показывают, что теплоизоляция стенок термических печей, снижающая температуру их поверхности со 130 до 50 °С уменьшает тепловыделение в 5 раз. Весьма эффективной защитой от лучистого тепла являются отражательные экраны и водяные завесы. Слой воды в 10 мм достаточно, чтобы поглотить все тепловое излучение от открытой нагревательной печи.

В производственных помещениях с наличием мощных источников конвекционного и лучистого тепла одной из важных мер по нормализации метеорологических условий является аэрация, обеспечивающая беспрепятственный выход нагретого воздуха через шахты и окна в верхней зоне помещений.

Среди мер профилактики перегревания существенное значение имеет правильная организация питьевого режима. При значительных потерях влаги (более 3,5 кг за смену) и значительном времени облучения инфракрасным излучением (5- % рабочего времени и более) применяется охлажденная (до +8 °С) подсоленная (0,3 % поваренной соли) газированная вода с добавлением витаминов. Эффективна замена воды охлажденным черным или зеленым чаем. При меньших потерях влаги расход солей восполняется с приемом пищи.

Введение перерывов на протяжении смены способствует восстановлению функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

При работах на холоде в отдельных случаях важным является применение устройств местного лучистого обогрева (на постоянных рабочих местах) или организация периодических перерывов в работе с целью согревания в специальных теплых помещениях, расположенных не далее 75 м от рабочих мест в 150 м на территории предприятия. Температура воздуха в этих помещениях должна быть не меньше 23 °С.

Работники, постоянно или периодически осуществляющие свою трудовую деятельность в неблагоприятных микроклиматических условиях, должны регулярно проходить медицинский осмотр с участием профпатолога.

УДК 658.567.002.68

Утилизация люминесцентных ламп

Студенты гр.106316 Перемотова О.Н., Гаврилович Д.А.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Разновидностей люминесцентных ламп достаточно много. Газоразрядные лампы представляют собой искусственные источники оптического излучения, в которых свечение создается от электрического разряда в парах ртути или в смеси газа и пара. И все они совершенно безвредны пока целы. Дело в том, что в подавляющем большинстве веществ, пары которого при воздействии электрического разряда излучают свет, является ртуть.

Ртуть оказывает огромное влияние на жизнедеятельность организма. Особенно сильно она поражает нервную и выделительную системы. При воздействии ртути возможны острые (проявляются быстро и резко, обычно при больших дозах ртутной экспозиции) и хронические (влияние малых доз ртути в течение относительно длительного времени) отравления. Основные пути воздействия ее на человека связаны с воздухом (при дыхании), с пищевыми продуктами, питьевой водой, также возможны воздействия через кожу, при купании в загрязненном водоеме, при контакте с загрязненной почвой и т. п.

Поэтому отслужившие своё или перегоревшие ртутные лампы должны быть утилизированы, а хранение отработанных ламп допускается только в герметичной таре.

Утилизация стекла в рациональной Европе организована на государственном уровне. Лидером повторного использования такого мусора считаются Нидерланды: 78 % использованных изделий здесь перерабатываются и трансформируются в новую продукцию. Стекло также можно использовать и как вторсырьё. Самым естественным продуктом, который появляется в процессе утилизации стекла, становится новое изделие. Расплавленная масса заливается в новые формы, затем остужается и – новое изделие готово.

Не менее распространено применение стекла в качестве дополнительного сырья для изготовления строительных материалов. Например, на 70% из стекла состоит популярный теплоизоляционный материал «стекловолокно». Хорошая теплоизоляция в свою очередь позволяет сократить расходы топлива на отопление помещений. Так стеклоотходы, становясь теплоизоляционным материалом, включаются в общую цепочку экономии природных ресурсов и бережного отношения к экологии.

Но важно отметить, что более проблематична утилизация ртутьсодержащих веществ. В настоящее время за утилизацию ламп надо платить. Для предприятия-переработчика ртутные лампы являются сырьём. Переработчик лампы демеркуризирует – извлекает из них ртуть, или обогащённое ею вещество. Получает при этом всё, что в них еще есть ценного: стекло, алюминий. Но выбора, как оказалось, сегодня нет. Рынок диктует свои условия. Процесс утилизации достаточно энергоёмок и дорогостоящ. Стоимость работ по упаковке ртутьсодержащих отходов в соответствии с существующими требованиями, транспортировке отходов к месту переработки и самой утилизации составляет около 300 долларов США за тонну отходов.

Проблема утилизации люминесцентных ламп стоит достаточно остро в современном мире не только в связи с ростом уровня загрязнённости планеты тяжелыми металлами, но и с ростом использования ртутных ламп в современном производстве и быту. Последний обусловлен особенностью ртутных источников света: световая отдача достигает 100 лм/Вт при низкой рабочей температуре и сроке службы до 40 тысяч часов. Ртутные лампы имеют очень широкое распространение и в развитых странах обеспечивают от 50 до 80% световой энергии, генерируемой искусственными источниками света. Ежегодно образуются миллионы отработанных люминесцентных ламп, требующих утилизации.

Существует несколько фирм по утилизации ламп, и юридические лица, а также индивидуальные предприниматели обязаны сдавать лампы на переработку и разрабатывать паспорт опасного отхода. Тем организациям, на территории которых происходит накопление и хранение отслуживших люминесцентных ламп, следует помнить: ртуть, содержащаяся в таких изделиях, является непосредственным источником загрязнения помещений, причем это загрязнение не видно, но опасно для здоровья работающих там людей. Более того, вначале действие ртути на организм человека незаметно, и лишь со временем начинают появляться характерные для хронического отравления организма симптомы. А поэтому единственное правильное решение данного вопроса: затягивать с вывозом люминесцентных ламп с территории предприятия нельзя. Рассмотрим некоторые способы демеркуризации.

Известен способ демеркуризации ртутных ламп, включающий измельчение, промывку водой, обработку химическими реагентами, которые переводят ртуть в соединения с низким давлением паров. Сами соединения остаются, как правило, в составе отходов. Кроме того, возникает проблема очистки от соединений ртути воды, используемой для промывания. Соединения ртути, так же как и ртуть, являются веществами повышенной опасности.

Известен способ термической демеркуризации загрязнённых ртутью материалов включающий разрушение ламп, нагрев материалов в герметичной камере, вакуумную дистилляцию паров ртути, улавливание паров ртути в низкотемпературной ловушке. В этом способе металлическая ртуть собирается в низкотемпературной ловушке и ее можно после очистки вернуть в производство. Однако в реализации этого способа есть недостатки, которые мешают в полной мере использовать достоинства метода: 1. вакуумная технология не приспособлена к переработке грязных, битых ламп; 2. вакуумная технология рекомендует нагревания до температур не более 170°C, выше которых компоненты текстолита и компаундов засоряют вакуумную систему, а наиболее устойчивые соединения ртути не разлагаются, и ртуть не испаряется целиком из демеркуризуемых материалов. Кроме того, производительность такой технологии и оборудования ограничена, технология энергоёмка, требует для реализации большое количество электроэнергии, применения дорогостоящего жидкого азота.

Предлагается способ утилизации ртутьсодержащих люминесцентных ламп, заключающийся в их разрушении, разделении на стеклобой, цоколи, ртутьсодержащий люминофор в потоке воздуха с использованием вибрации, отличающийся тем, что поток воздуха создают разрежением 100-10000 Па, используют вибрацию в диапазоне 1...10000 Гц, ртутьсодержащий материал, измельченный до размеров не более 1 мм, нагревают в герметичном объеме до температур в диапазоне 600-900°C, выдерживая при температуре 600-700°C не менее 30 минут, пары ртути конденсируют в охлаждаемой ловушке и при проведении всех процессов обеспечивают двойную герметизацию.

Отметим, что предельно допустимые концентрации ртути в жилых районах очень и очень малы, превысить их — запросто, а это медленно, но обязательно отразится на здоровье, ибо ртуть будет попадать в воду, в воздух, в почвы.

УДК 621.165

Оценка условий труда старшего машиниста турбинного отделения

Студенты гр. 106426 Байх И.В., Коломыцкий Б.Н., Шантаренко П.В., Шилко М.А.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Старший машинист турбинного отделения относится к оперативному дежурному персоналу, поэтому, приступая к работе, он должен принять смену от предыдущего дежурного, а после окончания работы сдать смену следующему дежурному по 3-сменному графику.

При приемке смены дежурный должен:

- ознакомиться с состоянием и режимом работы оборудования, находящегося в его оперативном управлении в объеме, определяемом соответствующими инструкциями;
- получить информацию от сдающего смену об оборудовании, за которым необходимо вести тщательное наблюдение для предупреждения нарушений в работе, и об оборудовании, находящемся в ремонте;
- выяснить перечень работ, которые выполняются по нарядам и распоряжениям;
- проверить и принять инструмент, ключи от помещений, оперативную документацию;
- ознакомиться со всеми записями и распоряжениями, сделанными за время, прошедшее со своего предыдущего дежурства;
- доложить начальнику смены о вступлении в дежурство и недостатках, выявленных при приемке смены;
- оформить приемку-сдачу смены записью в журнале, заверив ее своей подписью и подписью сдающего смену.

В течение смены он должен по утвержденным графикам осуществлять контроль за работающим оборудованием (производить опробование, осмотр оборудования, контроль показаний КИП, приборов автоматики), а при нарушениях режима его работы немедленно принять меры к восстановлению нормального режима работы (ликвидации аварийного положения и предотвращения аварии), а затем сообщить о происшедшем начальнику смены или начальнику котлотурбинного цеха.

Фактический баланс рабочего времени старшего машиниста турбинного отделения представлен в таблице.

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
1. Главный щит управления	30,0
2. На отметке 4,5 м:	
- у турбины, у рабочего стола	30,0
- у бойлеров	2,5
- у подогревателей высокого давления	2,5
3. На нулевой отметке:	
- у сетевых насосов, подогревателей, питательных насосов	12,5
- у масло- и воздухоохладителей	5,0
4. На отметке 11,0 м на площадке обслуживания деаэраторов	7,5
5. На отметке 14,5 м на площадке обслуживания РОУ-2 и РОУ-3	5,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³, представлена в таблице.

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	CnHm (ПДК = 300 мг/м ³)	Масла минеральные (ПДК = 5 мг/м ³)
1. Главный щит управления	1,02	0,9	10,0	36	-
2. На отметке 4,5 м	0,6	0,52	8,3	-	2,2
3. На нулевой отметке	0,68	0,6	9,4	-	2,6
4. На отметке 11,0 м	0,9	0,8	13,8	-	-
5. На отметке 14,5 м	0,95	0,82	12,4	-	-

Уровни шума в различных точках рабочей зоны составили

Место замера	Параметры шума	
	Нормативное значение (ПДУ), дБА	Фактическая величина, дБА
1. Главный щит управления	65	67
2. На отметке 4,5 м:		
- у рабочего стола	80	90
- у турбины	80	95
- у бойлеров	80	87
- у подогревателей высокого давления	80	88
3. На нулевой отметке:		
- у питательных насосов, у генераторов, возле воздухоохладителей	80	91
4. На отметке 11,0 м	80	84
5. На отметке 14,5 м	80	101

Температура воздуха (работа выполнялась в холодный период года) в рабочей зоне приведена в таблице

Место замера	Температура, °С	
	Нормативное значение	Фактическая величина
Главный щит управления	21...25	29,8
2. На отметке 4,5 м:		
- у рабочего стола	20...24	29,4
- у турбины	20...24	23,8
- у бойлеров	20...24	22,0
- у подогревателей высокого давления	20...24	23,2
3. На нулевой отметке:		
- у питательных насосов	20...24	24,0
- у генераторов возле воздухоохладителей	20...24	25,0
4. На отметке 11,0 м	20...24	31,0
5. На отметке 14,5 м	20...24	40,8

Таким образом, работа старшего машиниста турбинного отделения выполняется в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда (при повышенном уровне шума, высокой температуре, наличии вредных веществ в воздухе рабочей зоны) при регулярно чередующейся 3-х сменной работе (с ночной сменной) и связана с высоким нервно-эмоциональным напряжением, вызываемом риском возможных аварийных ситуаций.

УДК 621.311

Противопожарные тренировки на энергетических объектах

Студенты гр.106316 Соболева Е.В., Немкович А.С.
 Научный руководитель – Филянович Л.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Противопожарные тренировки (в дальнейшем тренировки) являются одной из обязательных форм производственно-технического обучения и повышения квалификации оперативного, оперативно-

ремонтного и ремонтного персонала, обслуживающего энергетическое оборудование электрических станций, электрических и тепловых сетей, ведомственных котельных.

Проведение тренировок направлено на решение следующих задач:

- проверка способности персонала к быстрым и правильным действиям;
- правильное применение средств пожаротушения;
- предотвращение возможных аварий оборудования;
- отработка взаимодействия персонала энергетических объектов с личным составом органов и подразделений МЧС;

- определение правильных методов тушения пожара на электрооборудовании, особенно находящимся под напряжением; и др.

Общее руководство и ответственность за организацию и проведение противопожарных тренировок возлагается на главных инженеров организаций и филиалов. Лица, участвующие в тренировках, обязаны строго соблюдать Правила техники безопасности и производственные инструкции. Запрещается производить какие-либо операции с оборудованием, механизмами и аппаратурой управления (ключами, приводами задвижек, вентилей и др.) а также выполнять другие действия, непредусмотренные программой противопожарной тренировки.

Плановые тренировки рекомендуется проводить в свободное от дежурства время. Индивидуальные тренировки с разрешения руководителя соответствующего подразделения могут проводиться во время дежурства, если этому не препятствует загруженность тренирующегося и обстановка на рабочем месте. Продолжительность плановой противопожарной тренировки не должна превышать трех часов с учетом разбора действий персонала. Время проведения тренировки включается в рабочее время тренирующихся.

Тренировки проводятся с имитацией условного пожара и действиями персонала по его ликвидации, оценками этой деятельности.

Противопожарные тренировки делятся на цеховые, объектовые и совместные. Цеховой считается тренировка, которая проводится с персоналом структурного подразделения (цеха) электростанции. Объектовой считается тренировка, которая проводится с персоналом одного объекта, ПС, РЭС, котельной или электростанции, нескольких цехов электростанции, связанных единым технологическим процессом производства передачи и распределения электрической и тепловой энергии. Совместной считается тренировка, в которой участвует персонал объекта и подразделения МЧС.

Противопожарные тренировки делятся также на плановые и внеочередные. Плановой считается тренировка, которая проводится в соответствии с годовым планом работы с персоналом, утвержденным руководством предприятия. Внеочередной считается тренировка, которая проводится сверх плана по специальному распоряжению руководства предприятия в следующих случаях:

- при получении неудовлетворительных оценок по итогам плановой тренировки;
- по приказам, указаниям, противопожарным циркулярам вышестоящей организации.

Цеховые тренировки проводятся с персоналом цеха (структурного подразделения) с периодичностью не менее одной тренировки в квартал. Объектовые тренировки проводятся с персоналом нескольких цехов (структурных подразделений) с периодичностью не менее трех тренировок в текущем году. Совместные тренировки проводятся с периодичностью одной тренировки в год, в тренировке участвует персонал объекта (одного или нескольких цехов) и подразделения МЧС.

На электростанциях, обслуживаемых подразделениями МЧС на договорной основе, противопожарные совместные тренировки проводятся с периодичностью один раз в квартал. Противопожарные тренировки готовятся на основании графика проведения тренировок и программы проведения тренировок. Программы проведения тренировок персоналу и руководителю тушения пожара заранее не сообщаются, вопросы, возникающие по ходу проведения тренировки, решаются ими по вводным и соответствующим условным обозначениям.

Программы тренировок следует составлять с учетом действий персонала в более сложной при пожаре обстановке, например:

- отсутствие освещения и падение давления в противопожарном водопроводе из-за аварии на собственных нуждах объекта;
- авария на участке наружного противопожарного водопровода или водозаборных устройствах;
- переход огня на покрытие главного корпуса и угроза обрушения строительных конструкций;
- сильное задымление в производственных помещениях;
- пожар на автотрансформаторе с отказом пуска автоматического пожаротушения.

В процессе разработки программа тренировки должна быть обсуждена с руководителями участков, на которых будет проводиться тренировка.

Темы цеховых и объектовых противопожарных тренировок составляются ежегодно с учетом происшедших в структурных подразделениях или в энергосистеме пожаров, пожарной опасности технологического процесса производства и обеспечения надежности работы оборудования.

Обстановку условного пожара при проведении противопожарных тренировок имитируют следующими средствами:

- очаг пожара – красными флажками;
- зона задымления – синими флажками;
- зона токсичных газов, выделения вредных паров – желтыми флажками.

Имитация пожара на тренировках должна быть наглядной и подвижной, для возможности ее изменения посредниками в ходе проведения тренировки на определенном участке в соответствии с тактическим замыслом руководителя тренировки. В качестве средств имитации пожара допускается использовать дымовые шашки, фонари и другие средства, способствующие созданию необходимой обстановки. Запрещается применять для имитации средства, могущие вызвать пожар, аварию и повреждение помещения и оборудования, а также травмы участников тренировок.

Противопожарные тренировки должны проводиться с приближением к реальной обстановке пожара, с приведением в действие имеющихся средств пожаротушения объекта, при условии, что эти средства не представляют угрозу нарушения работы основного технического процесса, а также с использованием имеющихся тренажеров и управляемых моделей исходя их местных условий.

Для приобретения практических навыков на тренировках рекомендуется применять первичные средства пожаротушения, следует проводить тушение горючих материалов в специальных противнях или других негорючих устройствах площадью 1 – 2 м².

Установка противней или других устройств для тушения пожара должна быть не ближе 15 м от сгораемых материалов, конструкций, оборудования и зданий.

По окончании объектовых и совместных противопожарных тренировок должен проводиться разбор действий всех участников.

УДК 621.165

Оценка условий труда старшего машиниста котельного оборудования на оршанской ТЭЦ

Студенты гр. 106516 Галиновская Д.С., Лопатин Э.Ю., гр. 106416 Пикуза И.А.

Научный руководитель – Винерский С.Н.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Старший машинист котельного оборудования осуществляет организационное обслуживание (допуск по наряду), контроль за работающим оборудованием по показаниям КИП и приборов, опробование работоспособности предохранительных клапанов и осмотр работающего оборудования с целью своевременного выявления нарушений в его работе во время регулярных обходов.

Фактический баланс оперативного времени при работе старшего машиниста котельного оборудования представлен в таблице.

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
Главный щит управления	35,0
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	30,0
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	15,0
Нулевая отметка	10,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³, дана в таблице:

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	C _n H _m (ПДК = 300 мг/м ³)
Главный щит управления	1,0	0,9	10,0	36,0
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	1,6	1,4	15,8	70,0
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	4,2	1,8	21,2	65,0
Нулевая отметка	0,8	0,7	8,6	30,0

Уровни шума, создаваемые в точках обслуживания, приведены в таблице.

Место замера	Нормативное значение (ПДУ), дБА	Фактическая величина, дБА
Главный щит управления	65	66
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	80	88
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	80	84
Нулевая отметка	80	81

Параметры микроклимата (работа выполнялась в холодный период года) приведены в таблице.

Место замера	Температура, °С		Относительная влажность, %	
	Нормативное значение	Фактическая величина	Нормативное значение	Фактическая величина
Главный щит управления	21...25	29,8	не более 75	30
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	20...24	23,2	не более 75	39
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	20...24	50,0	не более 75	18
Нулевая отметка	20...24	21,0	не более 75	46

Интенсивность инфракрасного (теплого) излучения на местах обслуживания котла дана в таблице.

Место замера	Нормативное значение	Фактическая величина
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	100	70
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	100	210...350

Таким образом, работа старшего машиниста котельного оборудования выполняется в потенциально жизне- и травмоопасных условиях с возможностью аварийных ситуаций и риском для здоровья (с сосудами под давлением и вредными химическими веществами), в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда (при повышенном уровне шума, высокой температуре, низкой относительной влажности, повышенной интенсивности инфракрасного излучения), при регулярно чередующейся трехсменной работе с ночной сменой.

УДК 621.181

Оценка условий труда начальника котлотурбинного цеха на Оршанской ТЭЦ

Студенты гр. 106526 Глусова А.И., Михаленок Е.Е., Назаркин Н.А., Цыбульская Н.Е.

Научный руководитель – Винерский С.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Начальник котлотурбинного цеха относится к группе руководящего оперативного персонала, поэтому фактический баланс его рабочего времени включает организационное обслуживание (15 % времени смены – на ведение технической документации и работу с персоналом в кабинете) и оперативное время, которое предусматривает контроль за работой оперативного персонала и оборудования, как по показаниям КИП, приборов автоматики на главном щите управления, так и личным осмотром работающего оборудования во время обхода.

Фактический баланс оперативного времени при работе начальника котлотурбинного цеха Оршанской ТЭЦ представлен в таблице.

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
Главный щит управления	30,0
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	25,0
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	15,0
Нулевая отметка	5,0
Мазутонасосная	5,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³, дана в таблице:

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	C _n H _m (ПДК = 300 мг/м ³)	Масла ми- неральные (ПДК = 5 мг/м ³)
Главный щит управления	1,0	0,9	10,0	36,0	-
Мазутный, газовый и питатель- ный узлы (отметка 6,6 м)	1,6	1,4	15,8	70,0	-
Отметка обслуживания бараба- на котла (отметка 18,0 м)	4,2	1,8	21,2	65,0	-
Нулевая отметка	0,8	0,7	8,6	30,0	-
Мазутонасосная	-	-	-	30,0	7,9

Уровни шума, создаваемые в точках обслуживания котла, приведены в таблице.

Место замера	Нормативное значе- ние (ПДУ), дБА	Фактическая ве- личина, дБА
Главный щит управления	65	66
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	80	88
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	80	84
Нулевая отметка	80	81
Мазутонасосная	80	96

Параметры микроклимата (работа выполнялась в холодный период года) приведены в таблице.

Место замера	Температура, °С		Относительная влажность, %	
	Нормативное зна- чение	Фактическая величина	Нормативное значение	Фактическая величина
Главный щит управления	21...25	29,8	не более 75	30
Мазутный, газовый и пита- тельный узлы (отметка 6,6 м)	20...24	23,2	не более 75	39
Отметка обслуживания бара- бана котла (отметка 18,0 м)	20...24	50,0	не более 75	18
Нулевая отметка	20...24	21,0	не более 75	46
Мазутонасосная	20...24	39,0	не более 75	22

Таким образом, работа начальника котлотурбинного цеха выполняется в потенциально жизне- и травмоопасных условиях с возможностью аварийных ситуаций и риском для здоровья (с сосудами под давлением и вредными химическими веществами), в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда (при повышенном уровне шума, высокой температуре и низкой относительной влажности) и связана с ответственностью за безопасность других лиц.

УДК 614.842.43

Пожарный извещатель – современное, надежное и оперативное средство извещения о пожаре

Студентка гр.113526 Климчук Д.С.

Научный руководитель – Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Пожарный извещатель – устройство для формирования сигнала о пожаре.

Условные обозначения пожарных извещателей должно состоять из следующих элементов: ИП Х1Х2Х3-Х4-Х5. Аббревиатура ИП определяет наименование «извещатель пожарный». Х1 – обозначает контролируемый признак пожара: 1 – тепловой; 2 – дымовой; 3 – пламени; 4 – газовый; 5 – ручной; 6...8 – резерв; 9 – при контроле других признаков пожара. Х2Х3 - обозначает принцип действия ИП: 01 – с использованием зависимости электрического сопротивления элементов от температуры; 02 – с использованием термо-ЭДС; 03 – с использованием линейного расширения 34 – термошумовой. Х; - обозначает порядковый номер разработки извещателя данного типа. Х5 – обозначает класс извещателя.

Тепловые извещатели применяются, если на начальных стадиях пожара выделяется значительное количество теплоты, например в складах горюче-смазочных материалов. Либо в случаях, когда применение других извещателей невозможно. Применение в административно-бытовых помещениях запрещено.

Тепловые многоточечные извещатели – это автоматические извещатели, чувствительные элементы которых представляют собой совокупность точечных сенсоров дискретно расположенных на протяжении линии.

Типы линейных тепловых пожарных извещателей:

- полупроводниковый – линейный тепловой пожарный извещатель, у которого в качестве сенсора температуры используется покрытие проводов веществом, имеющим отрицательный температурный коэффициент;

- механический – в качестве сенсора температуры данного извещателя используется герметичная металлическая трубка, заполненная газом, а также датчик давления, подключенный к электронному блоку управления;

- электромеханический – линейный тепловой пожарный извещатель, у которого в качестве сенсора температуры используется термочувствительный материал, нанесенный на два механически напряженных провода (витая пара). Под воздействием температуры термочувствительный слой размягчается, и два проводника накоротко замыкаются.

Дымовые извещатели – извещатели, реагирующие на продукты горения, способные воздействовать на поглощающую или рассеивающую способность излучения в инфракрасном, ультрафиолетовом или видимом диапазонах спектра. Оптические извещатели могут быть точечными, линейными, аспирационными и автономными.

Оптические:

Дымовые извещатели, использующие оптические средства обнаружения, реагируют по-разному на дым разных цветов.

Точечный извещатель реагирует на факторы пожара в компактной зоне. Принцип действия точечных оптических извещателей основан на рассеивании серым дымом инфракрасного излучения. Хорошо реагируют на серый дым, выделяющийся при тлении на ранних стадиях пожара. Плохо реагирует на черный дым, поглощающий инфракрасное излучение.

Экспериментальные исследования показали, что время обнаружения тестового очага пожара при расположении дымовых извещателей на расстоянии 0,3 м от потолка возрастает в 2...5 раз. А при установке извещателя на расстоянии 1 м от перекрытия можно прогнозировать увеличение времени определения пожара уже в 10...15 раз.

Линейный – двухкомпонентный извещатель состоящий из блока приемника и блока излучателя реагирует на появление дыма между блоком приемника и излучателя.

Устройство линейных дымовых пожарных извещателей основано на принципе ослабления электромагнитного потока между разнесенными в пространстве источником излучения и фотоприемником под воздействием частиц дыма. Прибор такого типа состоит из двух блоков, один из которых содержит источник оптического излучения, а другой – фотоприемник.

Аспирационный извещатель использует принудительный отбор воздуха из защищаемого объема с мониторингом ультрачувствительными лазерными дымовыми извещателями обеспечивает сверхраннее обнаружение критической ситуации. Пожарный аспирационный извещатель применим в помещениях архивов, музеев, складов, серверных, компьютерных залов и других помещений с дорогостоящим оборудованием. При этом, учитывая, что такие зоны обычно оснащены системой контроля температуры и влажности, в них производится фильтрация воздуха, имеется возможность значительно увеличить чувствительность пожарного извещателя, избежав при этом ложных срабатываний. Недостатком аспирационных извещателей является их высокая стоимость.

Автономный пожарный извещатель, реагирующий на определенный уровень концентрации аэрозольных продуктов горения (пиролиза) веществ и материалов и, возможно, других факторов пожара в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственно оповещения о нем. Автономный извещатель также является точечным.

Принцип действия ионизационных извещателей основан на регистрации изменений ионизационного тока, возникающих в результате воздействия на него продуктов горения. Ионизационные извещатели делятся на радиоизотопные и электроиндукционные.

Радиоизотопный извещатель – это дымовой пожарный извещатель, который срабатывает вследствие воздействия продуктов горения на ионизационный ток внутренней рабочей камеры извещателя. Принцип действия радиоизотопного извещателя основан на ионизации воздуха камеры при облучении его радиоактивным веществом. При введении в такую камеру противоположно заряженных электродов возникает ионизационный ток. Заряженные частички «прилипают» к более тяжелым частичкам дыма, снижая свою подвижность – ионизационный ток уменьшается. Его уменьшение до определенного значения извещатель воспринимает как сигнал «тревога». Недостаток этих извещателей: использование в конструкции извещателей источника радиоактивного излучения. В связи с этим возникают проблемы соблюдения мер безопасности при эксплуатации, хранении и транспортировке, а также утилизации извещателей после окончания срока

эксплуатации. Эффективен для обнаружения возгораний сопровождающихся появлением так называемых «черных» видов дыма, характеризующихся высоким уровнем поглощения света.

Принцип работы электроиндукционного извещателя: аэрозольные частицы засасываются их окружающей среды в цилиндрическую трубку (газоход) при помощи малогабаритного электрического насоса и попадают в зарядную камеру. Датчик осуществляет селекцию сигнала по скорости, амплитуде и длительности и выдает информацию при превышении заданных порогов в виде замыкания контактного реле. Электроиндукционные извещатели используются в системах пожарной сигнализации модулей «Заря» и «Пирс» МКС.

Извещатели пламени – извещатель, реагирующий на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага. Извещатели пламени применяются для защиты зон, где необходима высокая эффективность обнаружения. Извещатели пламени обеспечивают возможность защиты зон со значительным теплообменом и открытых площадок, где невозможно применение тепловых и дымовых извещателей. Извещатели пламени применяются для организации контроля наличия перегретых поверхностей агрегатов при авариях, например, для обнаружения пожара в салоне автомобиля, под обшивкой агрегата, контроля наличия твердых фрагментов перегретого топлива на транспорте.

Проточные пожарные извещатели применяют для обнаружения факторов пожара в результате анализа среды, распространяющейся по вентиляционным каналам вытяжной вентиляции.

УДК 693.22.004.18

Приоритетные задачи по обеспечению безопасности жизнедеятельности работников лесопромышленного комплекса

Студентка гр.4 5 курс фак-та ТТЛП Гузовская Н.С.
Студентка гр.3 2 курс фак-та ТТЛП Минигалиева Н.Г.
Научные руководители – Петрухин В.В., Чернушевич Г.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Наиболее серьезной экологической проблемой в Республике Беларусь следует отнести последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС: в зоне радиоактивного загрязнения оказалось 1,73 млн. га лесов или 25% лесных угодий Республики Беларусь, из которых в зоны с уровнями 555 кБк/км² и выше около 10% от загрязненных лесов, что заставило пересмотреть многие подходы к лесопользованию на загрязненных территориях. До настоящего времени, несмотря на процессы физического распада цезия-137 и стронция-90, загрязнение этими радионуклидами древесины и пищевой продукции леса в загрязненных регионах Беларуси за последние годы существенно не уменьшается, что оказывает существенное влияние на здоровье населения, проживающее в экологически неблагоприятных регионах Республики Беларусь. [1].

С одной стороны нельзя полностью отказаться от ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях, поскольку снижается роль лесов в предотвращении миграции радионуклидов на сопредельные территории, ухудшается их состояние из-за болезней и отпада деревьев при отсутствии систематического ухода. С другой стороны опасно снимать все запреты на ведение экономической деятельности и на использование лесной продукции во всех зонах радиоактивного загрязнения, поскольку это может увеличить дозы внешнего и внутреннего облучения населения.

В процессе выполнения на кафедре безопасности жизнедеятельности научно-исследовательской работы ГБ 37–06 проведен анализ влияния степени радиоактивного загрязнения продукции в Ветковском и Ельском лесхозах на формирование доз внешнего и внутреннего облучения. Из анализа следует, что загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности для населения. В лесах Беларуси произрастает около 200 типов грибов, из которых 35 хорошо известны и традиционно используются в питании населения, наряду с грибами используются и лесные ягоды. В публикации [2] на основе статистической информации о годовом потреблении основных продуктов питания городскими жителями Республики Беларусь за 2007 год приведены результаты расчетов возможной годовой дозы внутреннего облучения при употреблении данного пищевого рациона соответствующего республиканским допустимым нормам, которая составит около 1 мЗв/год [3]. Кроме продуктов пищевого рациона жители лесных регионов Беларуси употребляют грибы, ягоды лесные, мясо диких животных, рыбу местного улова в гораздо большем объеме, чем городские жители. Поэтому они получают дополнительную дозу радиации (табл. 1).

Повышенная опасность радионуклидов обусловлена рядом структурных, функциональных и генетических нарушений в органах и тканях, значительной продолжительностью облучения до момента выведения радионуклида из органа в результате обменных процессов или уменьшения активности вследствие естественного радиоактивного распада. Любые столь угодно малые дозы дополнительного радиационного воздействия увеличивают риск развития различных заболеваний у работников.

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 продуктов питания расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле:

$$H_{\text{внутр}} = k \sum_i m_i \cdot A_{m_i}, \quad (1)$$

где k – пересчетный коэффициент, равный $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк; m_i – годовое потребление i продукта питания, кг; A_{m_i} – удельная активность i продукта, Бк/кг.

Таблица 1 – Возможная дополнительная дозовая нагрузка при употреблении населением пищевой продукции леса

Наименование лесхоза	Средняя эквивалентная доза, мЗв/год	Наименование продукции	Годовое потребление, кг или л	Максимальное значение удельной активности, Бк/кг	Годовая доза, мЗв/год	Суммарная годовая доза по лесхозу, мЗв/год
Ветковский	0,88	Мясо диких животных	4,0	6570	0,342	2,767
		Грибы свежие	4,0	40260	2,094	
		Грибы сушеные	4,0	2500	0,130	
		Ягода черника	4,0	2762	0,144	
		Дикорастущая ягода	4,0	411	0,021	
		Сок березовый	4,0	701	0,036	
Ельский		Мясо диких животных	4,0	5688	0,296	1,283
		Грибы свежие	4,0	11210	0,583	
		Грибы сушеные	4,0	6008	0,312	
		Ягода черника	4,0	1015	0,053	
		Дикорастущая ягода	4,0	747	0,039	

Комплекс мер в лесном секторе экономики снижающих дозы облучения работающих реализуется в следующих направлениях:

- контроль доз облучения работающих;
- ограничение продолжительности;
- механизация работ, проводимых на загрязненных радионуклидами территориях;
- курсовое обучение и проверка знаний правил безопасного ведения работ всех лиц, допущенных к работе на территории, загрязненной радионуклидами;
- доставка работающих к месту проведения работ и обратно должна производиться специально оборудованным крытым автотранспортом;
- доставка и хранение питьевой воды и продуктов питания должна производиться в закрытых емкостях;
- все работы связанные с повышенным пылеобразованием рекомендуется проводить при влажной погоде или при наличии снежного покрова с использованием индивидуальных средств защиты органов дыхания и специальной защитной одежды;

При проведении работ на загрязненных территориях лесхозов для обеспечения радиационной безопасности осуществляется контроль доз облучения, который включает:

- измерение мощности дозы (МД) гамма-излучения на рабочих местах;
- индивидуальный учет фактического времени, затраченного, на выполнение работ;
- индивидуальный контроль доз внешнего облучения с использованием дозиметров, при работах на загрязненных территориях с уровнями МД более 0,67 мкЗв/ч (70 мкР/ч);
- определение содержания цезия-137 в организме человека с помощью счетчиков излучения человека (СИЧ);
- расчет доз внешнего облучения с учетом значений мощности дозы.

Основными задачами радиационной защиты населения на современном этапе развития пост-аварийной ситуации является осуществление комплекса оптимизированных мер, направленных на снижение индивидуальных и коллективных доз облучения.

Литература

1. ЛЕС. ЧЕЛОВЕК. ЧЕРНОБЫЛЬ. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. В. А. Ипатьев, В. Ф. Багинский, И. М. Булавик и др. Под ред. В. А. Ипатьева – Гом.: ИЛ НАН, 1999. – 454 с.

2. Перетрухин В.В. Оптимизация питания населения, проживающего в условиях повышенного риска / В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть.-2009. –Вып. XVII. – С. 268 –273.

3. Статистический ежегодник Республики Беларусь. Минск: Главный вычислительный центр, 760 с

УДК 666.714:724

Анализ влияния компонентов керамических масс на эффективную удельную активность радионуклидов в керамическом кирпиче

Студент 9 гр. 4 курса факультета ХТИТ Жук Н.Н.

Научный руководитель – Пищ И.В.

Белорусский государственный технологический университет

г. Минск

Целью настоящей работы является анализ и сравнение влияния компонентов керамических масс на эффективную удельную активность радионуклидов в строительном кирпиче.

По результатам зарубежных исследований, от 60 до 90 % времени человек проводит внутри помещений. Поэтому становится, очевидно, насколько большую роль играет строительная отрасль в ограничении облучения населения природными источниками ионизирующего излучения, содержащимися в строительных материалах.

Традиционные строительные материалы – дерево, кирпич, бетон обладают сравнительно низкой активностью. Принято считать, что вклад в годовую эффективную дозу за счет строительных материалов в среднем для населения Земли составляет от 0,5 до 1,5 мЗв на человека. Наименьшие дозы получает население, проживающее в деревянных домах, – 0,5 мЗв/год, в кирпичных домах – 1,0 мЗв/год и в бетонных – 1,7 мЗв/год. Однако все чаще в строительный материал начинают вводить не только добавки природного или синтетического происхождения, но и техногенного, к которым относятся отходы различных производств.

Глинистые породы обладают свойством активно сорбировать и удерживать радионуклиды. При термической обработке глинистых пород в процессе изготовления из них материалов строительного назначения повышается концентрация радионуклидов за счет выгорания различных органических примесей. Поэтому необходим радиационный контроль строительных материалов на соответствие допустимым уровням. Это будет способствовать улучшению условий жизнедеятельности человека и среды его обитания.

Таблица 2 - Эффективная удельная активность (Бк/кг) глин

Наименование материала	Удельная активность, Бк/кг				Суммарная $A_{эф}$, Бк/кг
	<u>Ra-226</u>	<u>Th-232</u>	<u>Cs-137</u>	<u>K-40</u>	
Песок кварцевый	5,31	2,27	16,82	62,21	13,58
Глина Щебрин	53,22	33,29	18,89	824,1	166,8
Глина Гайдуковка	43,62	37,62	30,52	1124	188,4
Глина Осетки	64,13	52,03	30,23	1455	255,9

Таблица 1 - Эффективная удельная активность (Бк/кг) добавок

Наименование материала	Удельная активность, Бк/кг				Суммарная $A_{эф}$, Бк/кг
	<u>Ra-226</u>	<u>Th-232</u>	<u>Cs-137</u>	<u>K-40</u>	
Треста льняная *	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ОФС	12,68	13,18	0,223	9,04	30,62
Отходы сахарного производства	4,40	0,00	0,00	356,7	34,72
Полиорганические силоксаны**	0,00	68,12	0,00	0,00	89,24
Гранитные отсеvy	45,57	23,65	28,14	1505	204,5
Зола древесная	0,00	71,99	2033	3844	334,2

* Из-за небольшой массы (~ 45г в 500 мл объема), не определен уровень активности превышающий фон.

** Из-за небольшой массы (~ 20г в 500 мл объема) не определен уровень удельной активности по некоторым радионуклидам.

Определение удельных активностей в образцах проводили с помощью радиометрической установки на основе сцинтилляционного 4-х канального гамма-радиометра РУГ-91М на навесках проб. В качестве проб использовались материалы применяемые в производстве кирпича: глина, гранитные отсеvy, кварцевый

песок, зола древесная, полиорганические силоксаны, льняная треста, отходы сахарного производства, готовый керамический кирпич.

Эффективная удельная активность ($A_{эф}$) природных радионуклидов в строительных материалах рассчитывается по формуле

$$A_{эф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,085A_{K}$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности радия-226 и тория-232, Бк/кг; A_{K} – удельная активность калия-40, Бк/кг.

Таблица 3 - Эффективная удельная активность(Бк/кг) обожженного кирпича с различным содержанием одинакового выгорающего компонента.

Наименование материала	Удельная активность, Бк/кг				Суммарная $A_{эф}$, Бк/кг
	<u>Ra-226</u>	<u>Th-232</u>	<u>Cs-137</u>	<u>K-40</u>	
Глина Осетки 3% полиорганические силоксаны	50,23	23,02	31,12	982,4	168,6
Глина Осетки 5% полиорганические силоксаны	52,54	24,89	30,78	974,8	168,0
Глина Осетки 7% полиорганические силоксаны	60,03	25,62	36,80	987,6	182,2

Полученные результаты на радиационное качество карьерных материалов и готовой продукции свидетельствует о том, что исследованные материалы являются низкорadioактивными объектами и согласно НРБ-2000 относятся к I и II классу опасности могут использоваться в производстве керамического кирпича.

Анализ $A_{эф}$ показывает, что основной вклад в суммарную гамма-активность глинистых материалов вносят все исследованные радионуклиды: K-40, Ra-226 и Th-232. Однако они не превышают допустимый предел в 370 Бк/кг

Литература

1. Кашкаев И.С., Шейман Е.Ш. “Производство глиняного кирпича” Москва “Высшая школа”, 1978;
2. Чернушевич Г.А., Перетрухин В.В., Терешко В.В. “Радиационная безопасность. Лабораторный практикум”, Минск БГТУ, 2007
3. СТБ 1160-90 «Кирпич и камень керамический. Технические условия»

УДК 331.103.32:666.3.013.8

Анализ условий труда на ОАО «Керамин»

Студент гр. 9 Позняк А.И.

Научный руководитель – Радченко Ю.С.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Предприятие представляет собой разумное сочетание производственного процесса и комплекса мероприятий, направленных на сохранение жизни, здоровья и работоспособности человека в процессе трудовой деятельности. Известно, что неудовлетворительные условия труда являются основной причиной ухудшения состояния здоровья работников, их повышенной утомляемости и временной нетрудоспособности, что в дальнейшем может привести к более серьезным последствиям, таким как аварии и несчастные случаи на производстве. В связи с этим необходимо вести строгий учет всех факторов производственной среды, воздействующих на здоровье человека.

Целью данной работы явилось проведение детального анализа условий труда на ОАО «Керамин» в цехе № 5 по приготовлению фритты. Данное производство характеризуется наличием физических, химических и психофизиологических вредных производственных факторов. Анализ условий труда проводился по результатам аттестации рабочих мест, которая проходила в ноябре 2008 года. В качестве объектов анализа были выбраны две основные профессии цеха: фриттоварщик и шихтовщик, которые подвергались наибольшему воздействию вредных производственных факторов.

В воздухе рабочей зоны помещения цеха зафиксировано содержание таких вредных веществ как диоксид азота, относящийся ко 2 классу опасности, и диоксид углерода, относящийся к 4 классу опасности. Данные вредные выбросы образуются в результате сжигания топлива, в качестве которого используется природный газ. Предельная допустимая концентрация (ПДК) диоксида азота и углерода составляют 2 и 20 мг/м³ соответственно. С учетом времени воздействия данного фактора класс условий труда является допустимым. Кроме того, в воздухе рабочей зоны, помимо вышеуказанных вредных веществ обнаружено наличие

пыли и аэрозоля, величина которых составила 5,1 мг/м³ (для профессии фриттоварщик) и 5,9 мг/м³ (для профессии шихтовщик), что на 3,1 и 3,9 мг/см соответственно превышает нормативное значение. Основным источником пыли в данном цехе является участок дозировки. Известно, что поташ, бура и кварцевый песок, являющиеся основными компонентами для приготовления фритты, поступают на производство в мелкодисперсном состоянии. При дозировке, измельчении и транспортировке основных компонентов наблюдается обильное пыление. Теплотехнические установки также являются источниками выбросов пыли и аэрозольных частиц, содержащихся в значительных количествах в отходящих газах. Данный фактор превышает нормативное значение в 2,55 и 2,95 раз соответственно и с учетом времени воздействия на работающих в течение трудового дня относится к 3.1 классу условий труда.

К физическим вредным производственным факторам в рассматриваемом цехе относится шум. В соответствии с СанПиН № 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 нормативное значение шума на рабочих местах составляет 80 дБ. Аттестационной комиссией зафиксировано превышение данного показателя на 13 единиц (для профессии фриттоварщик) и 10 единиц (для профессии шихтовщик). Источником шума в цехе по производству фритты является наличие такого технологического оборудования как вибросита и протирочные машины, вращающиеся со скоростью 1500 об/мин. Помимо этого, основным тепловым агрегатом является вращающаяся печь, постоянно находящаяся в движении, и тем самым, создавая шумовую нагрузку. Данный фактор превышает нормативное значение в 1,16 и 1,12 раз и с учетом времени воздействия относится к 3.1 классу условий труда.

В рассматриваемом цеху имеется в наличии 6 тепловых агрегатов, в связи с чем, большое внимание должно уделяться учету воздействия метеорологических факторов на работающих. В соответствии с СанПиН № 9-80-98 установлены нормативные значения показателей, характеризующих микроклимат в производственном помещении. Так, для профессии фриттоварщика температура рабочей зоны составляет 18-22 °С, относительная влажность воздуха 15 – 65%. Для профессии шихтовщика данные показатели составляют 18-27 °С, 15 – 75% соответственно. Установленное значение скорости движения воздуха составляет 0, 1 – 0, 4 м/с для двух профессий. Интенсивность теплового излучения составляет 140 Вт/м². Аттестационная комиссия зафиксировала превышение нормативных значений по данным показателям для профессии фриттоварщик. Температура воздуха рабочей зоны превышает верхний оптимальный предел в 1,18 раз. С учетом времени воздействия данному производственному фактору присвоен 3.1 класс. Интенсивность теплового излучения превышает нормативное значение в 4,85 раз и относится к 3.2 классу. С учетом времени влияния данного фактора в течение трудового дня (50%) класс условий труда понижается на одну степень и составил 3.1.

Психофизиологические факторы в цехе по производству фритты раскрываются через такие показатели как: общая величина физической нагрузки (до 83 000 кг/м); статическая нагрузка на смену на одну руку (до 43000 кг/с), на обе руки (до 97000 кг/с), на все тело (до 130000 кг/с); длительность сосредоточенного наблюдения (75 % времени смены). По данным показателям аттестационной комиссией превышений не зафиксировано. От 30 до 50 % времени рабочие находятся в наклонном положении, что превышает допустимую величину. Класс условий труда по данному фактору составил 3.1. За эстетический и физиологический дискомфорт и трехсменный режим работы условия труда отнесены к 3.1 классу.

Общая оценка условий труда на рассмотренных рабочих местах, установленная по наиболее высокому классу, относится к 3.1. В связи с тем, что количество производственных факторов, имеющих данную степень превышает 3, то общая оценка условий труда повышается на 1 степень и составляет 3.2.

В результате проведенного анализа стало очевидным, что условия труда на рассмотренном участке производства являются неудовлетворительными и пагубно влияют на здоровье работающих. В связи с этим, к уже существующим мероприятиям по охране труда, рекомендуется провести ряд дополнительных, направленных на улучшение условий труда.

Наибольшее превышение по сравнению с нормативным значением имеет такой производственный фактор, как наличие пыли и аэрозоля в воздухе рабочей зоны на участке дозировки исходных компонентов. Для уменьшения воздействия данного фактора самым эффективным методом является замена ленточных конвейеров пневмотранспортом, характеризующимся отсутствием пыления в связи с его четкой герметизацией. Известно, что пыль в первую очередь воздействует на слизистые оболочки глаз и органы дыхания, оказывая при этом раздражающие воздействие. Поэтому необходимо обеспечить наличие требуемого количества средств индивидуальной защиты (СИЗ) и осуществлять контроль по их использованию.

Для оптимизации производственного микроклимата в цехе № 5 необходимо организовать системы местного кондиционирования и воздушного душирования рабочих мест вблизи тепловых агрегатов, четко контролировать использование рабочими СИЗ во избежании тепловой гипертермии рабочих. Кроме того, является необходимым использовать совершенные СИЗ для глаз, т.к. интенсивность инфракрасного излучения на 575 единиц превышает нормативное значение, что при длительном воздействии может привести к развитию такого профессионального заболевания как производственная катаракта.

Для уменьшения воздействия шума в рассмотренном цехе необходимо осуществлять изоляцию источников шума. Так, для тепловых агрегатов рекомендуется устроить звукоизоляцию с помощью устройства преград, а для вибростов и протирочных машин – звукопоглощение с использованием капронового волокна.

УДК 005.334:005.52

Риск и возможность его оценки на производстве

Студент 4 курса, гр.1 Кульш А.В.
Научный руководитель – Радченко Ю.С.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

До недавнего времени человек достаточно вольно обращался с такими понятиями, как опасность, риск, авария, страх, катастрофа и т.п., и даже не пытался их количественно оценивать. С развитием научного подхода, особенно с привнесением его в промышленность, экономику, торговлю, смысл таких понятий начал детализироваться, и появилось стремление ввести меру для некоторых из них, то есть научиться сравнивать и измерять их в каких-либо единицах.

Риск – вероятностная мера возникновения техногенных или природных явлений, сопровождающихся формированием и действием вредных факторов, а также нанесенного при этом социального, экологического, экономического и других видов ущербов.

Долгие годы в основе функционирования промышленных предприятий лежала так называемая концепция «абсолютной безопасности» или «нулевого риска» – принцип ALAPA (As Low As Practically Achievable). Концепция «нулевого риска» предусматривала такую организацию производственного объекта, при которой полностью исключалась возможность аварии. Отмечается, что по этой же причине концепция абсолютной безопасности в настоящее время признается неадекватной внутренним законам техносферы.

Одним из стратегических направлений решений проблем в области охраны труда является предупреждение рисков, подразумевающее переход от реагирования на несчастные случаи постфактум к управлению рисками повреждения здоровья работников. Данная цель может быть достигнута путем создания всеобъемлющей, сквозной системы управления профессиональными рисками, функционирующей в режиме их перманентной идентификации и оценки.

На смену концепции «нулевого риска» пришла так называемая концепция «приемлемого риска», в основе которой заложен принцип «предвидеть и предупредить» – принцип приемлемого риска ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Эта концепция предусматривает возможность аварии и соответственно меры по предотвращению ее возникновения и развития.

В настоящее время усилия ученых и управленческого персонала направлены на снижение природных и техногенных рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций путем разработки системы мер по управлению рисками. Система управления риском в обществе основывается на четырех принципах:

- 1.Оправданность практической деятельности.
- 2.Продление среднестатистической ожидаемой продолжительности предстоящей жизни.
- 3.Интегрированный подход в управлении риском
- 4.Экологическая политика в управлении риском.

Все методы управления риском можно по природе происхождения классифицировать на следующие группы: информационные, технологические, организационно-экономические и экономические.

Информационные методы могут реализоваться с помощью мониторинга, компьютерных системных продуктов, пропаганды, прогнозирования, образования.

К технологическим методам управления безопасностью и риском относят: автоматизированные системы управления безопасностью технологических процессов, высокоточные экологически безопасные технологии и средства измерения и анализа.

Наиболее значимым и прогрессирующим из всех методов являются автоматизированные системы управления безопасностью технологических процессов, которые нашли наиболее широкое применение на предприятиях химической промышленности.

Административные методы управления безопасностью и риском подразделяются на правовые и контрольные.

К правовым относят: нормы права, стандарты, обязательное получение государственного разрешения на эксплуатацию машин, механизмов и другое оборудования, деятельность которых связана с повышенной опасностью, проведение экспертизы промышленной безопасности.

Контрольные методы управления безопасностью и риском включают в себя: неразрушающий контроль, сертификацию, лицензирование, аудирование.

Экономические стимулы (субсидии и дотации, льготные займы и кредиты и др.) как предупредительные экономические методы управления безопасностью и риском на сегодняшний день плохо разработаны из-за недостаточности законодательной и методологической базы.

К принудительным мерам наказания за нарушения природоохранного законодательства относятся штрафы и компенсационные выплаты за нанесенный ущерб, меры юридической ответственности и страхование.

Для оценки профессионального риска более уместно использовать интегральный показатель, отражающий качественные характеристики производственных систем с точки зрения обеспечения в них здоровых и безопасных условий труда.

Зарубежные специалисты предполагают, что те же проблемы управления производством, которые ведут к снижению качества продукции или к перерывам в производстве, ведут и к травматизму и профзаболеваемости. Такие показатели рассматриваются ими как косвенные, которые характеризуют трудовой процесс и организацию труда в целом.

К ним, например, относятся:

1. Текучесть кадров, которая является индикатором состояния условий труда и степени удовлетворенности работой. Высокий уровень смены кадров может рассматриваться как признак неудовлетворенности работой.
2. Инвестиционные вложения в улучшение условий труда, которые характеризуют деятельность службы охраны труда на предприятии, деятельность медпункта, улучшение производственных процессов и повышение квалификации, приобретение техники, имеющей отношение к охране труда и производственной сфере.
3. Вложения в производственную среду и охрану труда.
4. Обучение и повышение квалификации в области охраны труда, непосредственно предусматривает обучение навыкам безопасного труда.
5. Профессионально-техническое обучение, которое предусматривает повышение квалификации рабочих и служащих и в своей программе должно содержать вопросы обеспечения здоровых и безопасных условий труда.

Интегральный показатель рисков травмоопасности определяется на основе суммирования величин обобщающих показателей, скорректированных на степень их весомости в общем числе несчастных случаев по всем причинам.

Риск нанести ущерб здоровью работников складывается в условиях многофакторного, разноуровневого воздействия производственной среды. В соответствии с этим появляется возможность его оценки на основе показателей, характеризующих организацию производственной системы: организация производства, применяемые технические средства, технологические мероприятия, квалификацию и поведение работников.

Такой подход позволит оценивать текущую деятельность по обеспечению охраны труда, анализировать входящие показатели, прямым и косвенным путем характеризующие состояние и организацию производства, и, таким образом, своевременно выявлять возможные негативные тенденции, обусловленные ими.

УДК 614.8.086.4:331.461

Безопасность транспортировки и хранения изотопов стронция

Студенты 1 курса, гр.1 Курбыко С.С., Бударина М.Ю.

Научный руководитель – Радченко Ю.С.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Ежегодно в мире транспортируется около 10 млн. упаковок с радиоактивными веществами (РВ) различного вида. Обеспечение безопасности транспортирования РВ и изделий на их основе имеет большое значение в связи с наличием потенциального риска нанесения ущерба людям, окружающей среде и имуществу в процессе их перевозки, выполнения погрузочно-разгрузочных операций и промежуточного хранения.

Наличие такого риска обусловлено возможностью аварии транспортного или погрузочного средства, воздействием на упаковки разрушающих механических и тепловых нагрузок в процессе перевозки, которые могут привести к рассеянию РВ в окружающую среду и облучению персонала сверх установленных норм при нарушениях правил безопасного обращения с упаковками.

Касаясь перевозки РВ, содержащих изотопы стронция можно говорить о том, что наиболее распространенным случаем транспортировки изотопов стронция является случай транспортировки отработанного ядерного топлива (ОЯТ), в состав которого обычно входит от 2 до 30% различных химических соединений стронция ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{91}Sr , ^{92}Sr .

К числу наиболее часто перевозимых веществ, содержащих изотопы стронция и включаемых в перечень опасных, обычно относят: стронция арсенит № ООН 1691 (класс опасности 6.1); стронция диоксид № ООН 1509, стронция нитрат № ООН 1507, стронция пероксид № ООН 1509, стронция перхлорат № ООН 1508, стронция хлорат № ООН 1506, (класс опасности 5.1); стронция сплавы пиррофорик № ООН 1383 (класс опасности 4.2); стронция фосфат № ООН 2013 (класс опасности 4.3).

Транспортирование радиоактивных материалов (РМ) и изделий на их основе регламентируется международными (межгосударственными) соглашениями. Главной целью такой регламентации является предотвращение в максимально возможной мере несчастных случаев с людьми, повреждения имущества, транспортных средств и других грузов посредством установления норм безопасности, обеспечивающих приемлемый уровень контроля за радиационной и ядерной опасностью при перевозках РМ.

Основным документом, устанавливающим требования к перевозкам РМ являются «Правила безопасной перевозки радиоактивных веществ МАГАТЭ». Эти правила впервые были изданы в 1961 г. и в них регулярно вносятся поправки и усовершенствования с учетом прогресса в радиологической защите и в развитии транспортных средств и методов. Последнее всеобъемлющее пересмотренное издание правил транспортировки было опубликовано в 1996 г.

Изложенные в этих документах нормы и правила безопасности охватывают все операции и условия (в т.ч. и аварийные), связанные с транспортированием РМ, включая классификацию РМ, проектирование, изготовление, испытания и техническое обслуживание транспортных упаковочных контейнеров (ТУК), подготовку, отправку, обработку, перевозку, транзитное хранение упаковок и их приемку грузополучателем.

Действие правил распространяются на перевозку РВ с γ -излучением и β -излучением. Под эти правила, как β -излучатели, подпадают и изотопы стронция с удельной активностью больше 74 Бк/г, а также с суммарной активностью радионуклидов стронция (^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{91}Sr , ^{92}Sr более 10^6 Бк).

Транспортирование стронция с меньшей активностью производится в производственно-технической таре, исключающей распространение вещества в окружающую среду, при этом мощность эквивалентной дозы излучений на поверхности тары не должна превышать 3 мкЗв/ч. На внешней поверхности тары не должно быть радиоактивного поверхностного загрязнения, а на внутреннюю поверхность наносится знак радиационной опасности. При соблюдении перечисленных требований такие упаковки перевозятся всеми видами транспорта и почтовой связи и хранятся на общих складах как обычный груз.

Поскольку безопасность перевозки РВ в значительной мере определяется качеством упаковочных комплектов, последние должны соответствовать следующим основным требованиям: предотвращать распространение радиоактивных веществ в окружающую среду в условиях перевозки с возможными аварийными случаями; ослаблять мощность дозы до установленного уровня в соответствии с категорией упаковки (I категория – 0,005 мЗв/ч, II категория – 0,15 мЗв/ч, III категория – 2 мЗв/ч, IV категория – 10 мЗв/ч).

Перевозка радиоактивных веществ в упаковках всех транспортных категорий может осуществляться воздушным, железнодорожным, морским, речным или автомобильным транспортом с соблюдением установленных для каждого вида транспорта специфических правил.

Чтобы обеспечить безопасность при перевозках, запрещается транспортировать упаковки с радиоактивными веществами общественным городским транспортом (трамваями, троллейбусами, автобусами, метро, пассажирскими вагонами пригородных поездов). Разрешается перевозка упаковок I и II категорий в такси без посторонних пассажиров. Транспортировка источников излучения внутри помещений, на территории учреждений должна производиться в контейнерах на специальных транспортных устройствах.

При перевозке РВ всеми видами транспорта необходимо: помещать РВ в упаковки, обеспечивающие защиту лиц, постоянно занятых приемкой, разгрузкой, хранением, выдачей, погрузкой и транспортировкой упаковок и отдельных лиц из населения от облучения свыше предельно допустимых или свыше контрольных доз; принимать необходимые меры для предотвращения загрязнения РВ упаковки, транспортных средств и перевозимых с этими веществами обычных грузов свыше допустимого уровня загрязнения; осуществлять погрузку и выгрузку упаковок с РВ с возможно более короткими сроками с использованием погрузочно-разгрузочных средств; размещать упаковки с РВ на таких расстояниях от мест пребывания людей, чтобы дозы облучения не превышали допустимых значений.

Запрещается перевозить и хранить упаковки с радиоактивными веществами вместе с легковоспламеняющимися, взрывчатыми и едкими веществами, сжатыми и сжиженными газами. Следует помнить также о возможности засвечивания непроявленных кино- и фото, и рентгеновских пленок и пластинок и размещать упаковки с ними на расстояниях, обеспечивающих полную сохранность этих материалов.

Для обеспечения безопасности населения при транспортировании РВ и безопасных условий труда персонала при погрузочно-разгрузочных операциях, а также в период сопровождения груза биологическая защита ТУК должна быть такова, чтобы мощность эквивалентной дозы γ -, β -излучений в любой точке внешней поверхности транспортного средства, загруженного РВ, которое помимо изотопов стронция, может включать также и другие изотопы, излучающие γ -, β -поток, как это имеет место в случае ОЯТ, не превышала 2 мЗв/ч, а на расстоянии 2 м от вертикальных (боковых и торцевых) поверхностей вагона-контейнера – 0,1 мЗв/ч.

В современных условиях в системе безопасности перевозок РМ наибольшую настороженность вызывают степень безопасности специализированного подвижного состава, контейнеров и оборудования, применяемого для транспортировки и хранения РМ, в условиях значительного объема перевозок (прежде всего железнодорожным транспортом) самых разнообразных, в том числе и опасных грузов, и, как следствие, возникающих при этом аварий, а также повышенная уязвимость транспортных инфраструктур к проявлениям терроризма.

Вместе с тем достижения научно-технического прогресса в области новых материалов, создания специальных транспортных средств и химических материалов позволяют надеяться, что перевозки РМ станут в ближайшем будущем более безопасными для населения территорий, по которым осуществляется транспортировка.

Шум как фактор профессионального риска для работников нефтепереработки

Магистрант гр.09-МН Булавка Ю.А.
Научный руководитель – Чеботарев П. А.
Полоцкий государственный университет
г. Полоцк

Ведущей отраслью топливно-энергетического комплекса в нашей стране является нефтеперерабатывающая промышленность. Новополоцкий и Мозырский нефтеперерабатывающие заводы являются важнейшими государственными объектами. Исторически сложилось так, что из-за социальных благ и льгот, предоставляемых на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли, наиболее активная, здоровая и достаточно образованная часть населения идет работать именно туда. Возрастание контингента рабочих на данных предприятиях требует всестороннего контроля и профилактики возможных неблагоприятных воздействий факторов производственной среды, которые могут внести определенную специфику в формирование профессиональной, профессионально обусловленной и общей заболеваемости работников.

Условия труда на большинстве рабочих мест нефтеперерабатывающих предприятий характеризуются наличием ряда вредных и опасных факторов производственной среды, что обусловлено особенностями перерабатываемого углеводородного сырья и характером технологических процессов. Загрязнение воздуха рабочей зоны составляющими сырья, технологическими и вспомогательными материалами, полуфабрикатами и конечными продуктами переработки на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), в т. ч. и ОАО «Нафтан», является ведущим неблагоприятным фактором. В воздухе рабочей зоны данного предприятия наблюдается одновременное присутствие большого количества химических веществ 1...4 класса опасности. Трудовой процесс связан с применением технического оборудования, являющегося источником производственного шума, инфра- и ультразвука, общей технологической вибрации, теплового излучения от нагретых поверхностей печей, котлов и трубопроводов, а также электромагнитных излучений промышленной частоты. На работников воздействуют сезонные изменения параметров микроклимата производственных помещений и открытых пространств. Выполнение производственных операций сопровождается выраженным нервно-эмоциональным напряжением, что связано с использованием в технологическом процессе пожаро- и взрывоопасных веществ, чередующейся трехсменной работой.

Целью работы является оценка потенциального риска профессионального снижения слуха от воздействия шума на работников нефтеперерабатывающей промышленности. Актуальность исследования данного вопроса определяется тем, что шум является вторым вредным фактором, после химического, по значимости и выраженности на здоровье работников. Объектами исследования являлись условия труда работающих установки Деасфальтизации гудрона пропаном завода ОАО «Нафтан». Постоянными источниками интенсивного шума на НПЗ являются: технологическое оборудование (особенно форсунки печей, аппараты воздушного охлаждения), трубопроводы, вентиляторы, насосное и компрессорное оборудование. Основные источники шума на анализируемой установке: работающие компрессоры, насосы, газодувки, горелки печей, парогазопроводы и продуктопроводы и связанные с ними узлы регулировки, подогреватели низкого и высокого давления, испарители, нагнетатели, ручной механизированный инструмент, а также системы приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха.

Так, на исследуемой установке уровень шума в компрессорной составляет 87 дБА, что превышает допустимый уровень (ПДУ) на 7 дБА. Шум в помещениях насосных (пропановой и горячей) постоянный, широкополосный, высокочастотный, уровни его в пределах 88 ...89 дБА. Шум, создаваемый нагревательными печами – максимально наблюдаемый по установке, – широкополосный, превышающий ПДУ на 14 дБА. На наружных установках, временных рабочих местах, уровни шума составляют 85 дБА, что превышает ПДУ на 5 дБА. В помещениях операторных, кабинете начальника установки и механика уровни шума не превышают ПДУ (65 дБА) и составляют 59 дБА.

Таким образом, наиболее высоким уровням шума подвержены машинисты компрессорных установок и машинисты технологических насосов. Согласно последней проведенной на установке аттестации рабочих мест по условиям труда, по параметрам шума условия труда на установке определены как вредные 3 класса 2 степени для всех производственно-профессиональных групп (кроме начальника установки и механика, для которых класс 3.2 установлен по напряженности труда). Определение уровня шума на рабочих местах установки Деасфальтизации ОАО «Нафтан» позволило произвести расчет вероятности профессионального снижения слуха в зависимости от биологической дозы шума и стажа работы.

Известно, что при длительном воздействии шума на организм человека развивается утомление, переходящее в переутомление, поражение кохлеарного нерва с постепенным развитием тугоухости. Неспецифические воздействия шума проявляются раньше, чем изменения в органе слуха: невротический и астатический синдромы в сочетании с вегетативной дисфункцией, раздражительность, общая слабость, головная боль, головокружение, повышенная утомляемость, расстройство сна, ослабление памяти, изменение сухожильных и периостальных рефлексов на руках и ногах, тремор пальцев вытянутых рук. Могут наблюдаться также изменения секреторной и моторной функции желудочно-кишечного тракта, сдвиги в обменных процессах и др.

Оценку риска воздействия производственного шума осуществляли в соответствии с моделью индивидуальных порогов действия (нормально-вероятностным распределением частоты эффектов), учитывающей стажевую дозу $Lgm(T)$ для стажа, составляющего T лет. Расчет риска (R) осуществляется по формулам (при $T_0 = 1$ год):

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Prob}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad \text{где} \quad \text{Prob} = -8,25 + 0,07 \cdot Lgm(T) \quad \text{где} \quad Lgm(T) = L_{\text{экв.}} + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0}$$

В последней формуле $L_{\text{экв}}$ характеризует продолжительность действия шума в течение рабочего дня, Prob – вероятность неблагоприятного эффекта (риск) в виде нормально-вероятностной шкалы. Характеристика действия шума на производственно-профессиональную группу работников установки Деасфальтизации ОАО «Нафтан» и оценка риска воздействия производственного шума в зависимости от стажа работы приведена в таблице 1.

Таблица 1- Характеристика действия шума на работников Деасфальтизации ОАО «Нафтан»

Показатели	Производственно-профессиональные группы				
	Начальник установки	Механик	Машинист компрессорных установок	Машинист технологических насосов	Оператор технологических установок
1 Средние эквивалентные уровни шума на рабочих местах, дБА	84	83	87	89	84
2.Время воздействия, %	59	83	100	100	87
3.Эквивалентные уровни звука, дБА	81	83	87	89	84
4. Индивидуальный риск профессиональной тугоухости (R) в % при стаже работы					
10 лет	3	4,1	7,2	9,3	4,7
15 лет	3,9	5,3	9	11,5	6,1
25 лет	5,5	7,2	11,9	14,9	8,2

Примечание: ПДУ шума - 80 дБА (по СанПиН № 13-2-2007 РБ «Гигиеническая классификация условий труда»)

Самый высокий риск возникновения профессиональной тугоухости у работающих установки Деасфальтизации ОАО «Нафтан», как видно из таблицы 1, регистрируется на рабочих местах машинистов технологических насосов, поскольку риск возникновения неспецифической шумовой патологии при 10, 15 и 25 летнем стаже работы является максимальным для изучаемой производственно-профессиональной группы 0,09, 0,115 и 0,149 соответственно.

По результатам исследования можно утверждать, что сочетание действия химического и физических факторов (в т.ч. шума) создает значительный риск производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости работников нефтеперерабатывающей промышленности.

Химические технологии

Студент гр. 104138 Савченко А.И.
Научный руководитель – Яглов В.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Нанокристаллические материалы представляют собой особое состояние конденсированного вещества – макроскопические ансамбли ультрамалых частиц с размерами до нескольких нанометров. Необычные свойства этих материалов обусловлены как особенностями отдельных частиц (кристаллитов), так и их коллективным поведением, зависящим от характера взаимодействия между наночастицами.

Структура и дисперсность (распределение зерен по размерам), а, следовательно, и свойства наноматериалов зависят от способа их получения:

1. **Газофазный синтез** (конденсация паров). Изолированные частицы обычно получают испарением металла, сплава или полупроводника при контролируемой температуре в атмосфере инертного газа низкого давления с последующей конденсацией пара вблизи или на холодной поверхности. Это самый простой способ получения нанокристаллических порошков. В отличие от испарения в вакууме, атомы вещества, испаренного в разреженной инертной атмосфере, быстрее теряют кинетическую энергию из-за столкновений с атомами газа и образуют сегрегации (кластеры). Состав и размер наночастиц можно контролировать изменением давления и состава атмосферы (инертный газ и газ-реагент), мощностью лазерного импульса, температурного градиента между испаряемой мишенью и поверхностью, на которую происходит конденсация.

2. **Плазмохимический синтез**. При плазмохимическом синтезе используется низкотемпературная (4000 – 8000 К) азотная, аммиачная, углеводородная, аргонная плазма дугвого, тлеющего, высоко- или сверхвысокочастотного разрядов; в качестве исходного сырья применяют элементы, их галогениды и другие соединения. Характеристики получаемых порошков зависят от используемого сырья, технологии синтеза и типа плазмотрона. Частицы плазмохимических порошков являются монокристаллами и имеют размеры от 10 до 100-200 нм и более. Плазмохимический синтез обеспечивает высокие скорости образования и конденсации соединения и отличается достаточно высокой производительностью. Главные недостатки плазмохимического синтеза – широкое распределение частиц по размерам и, вследствие этого, наличие довольно крупных (до 1-5 мкм) частиц, т.е. низкая селективность процесса, а также высокое содержание примесей в порошке.

3. **Осаждение из коллоидных растворов**. Обычный способ получения наночастиц с помощью коллоидных растворов заключается в их синтезе из исходных реагентов раствора и прерывании реакции в определенный момент времени, после чего дисперсная система переводится из жидкого коллоидного состояния в дисперсное твердое. Так нанокристаллические порошки сульфидов получают с помощью реакции сероводородной кислоты H_2S или сульфида Na_2S с водорастворимой солью металла. Например нанокристаллический сульфид кадмия CdS получают осаждением из раствора перхлората кадмия и сульфида натрия; рост размеров наночастиц прерывают скачкообразным увеличением pH раствора.

4. **Термическое разложение и восстановление**. При термическом разложении используют обычно сложные элементо- и металлоорганические соединения, гидроксиды, карбонилы, формиаты, нитраты, оксалаты, амиды металлов, которые при определенной температуре распадаются с образованием синтезируемого вещества и выделением газовой фазы. Получение высокодисперсных металлических порошков методом термического разложения формиатов железа, кобальта, никеля, меди в вакууме или в инертном газе при температуре 470-530 К получают дисперсные порошки металлов со средним размером частиц 100–300 нм.

5. **Механосинтез**. Основой механосинтеза является механическая обработка твердых смесей, в результате которой происходят измельчение и пластическая деформация веществ, ускоряется массоперенос и осуществляется перемешивание компонентов смеси на атомарном уровне, активируется химическое взаимодействие твердых реагентов. В результате механического воздействия в приконтактных областях твердого вещества создается поле напряжений. Релаксация поля напряжений может происходить путем выделения тепла, образования новой поверхности, образования различных дефектов в кристаллах, возбуждения химических реакций в твердой фазе. Механическое воздействие при измельчении материалов является импульсным, поэтому возникновение поля напряжений и его последующая релаксация происходят не в течение всего времени пребывания частиц в реакторе, а только в момент соударения частиц и в короткое время после него. По этой причине при механохимическом синтезе нужно учитывать характер формирования поля напряжений во времени и кинетику последующих релаксационных процессов.

6. **Детонационный синтез и электровзрыв**. Существует еще один вид механического воздействия, который одновременно создает условия как для синтеза конечного продукта, так и для его диспергирования.

ния. Это ударная волна. С помощью ударно-волновой обработки смесей графита с металлами при давлении в ударной волне до нескольких десятков ГПа получают нанокристаллические алмазные порошки со средним размером частиц 4 нм. Более технологично получение алмазных порошков путем взрыва органических веществ с высоким содержанием углерода и относительно низким содержанием кислорода. Детонация взрывчатых веществ, т.е. энергия взрыва, достаточно широко, используется для осуществления фазовых переходов в веществах и детонационного синтеза. Детонационный синтез, как быстро протекающий процесс, позволяет получать тонкодисперсные порошки в динамических условиях, когда важную роль приобретают кинетические процессы.

7. **Упорядочение нестехиометрических соединений как метод создания наноструктуры.** Монокарбиды переходных металлов MC_y входят в группу сильно нестехиометрических соединений. В неупорядоченном состоянии монокарбиды MC_y имеют кубическую структуру и могут содержать до 50% структурных вакансий в неметаллической подрешетке. При температуре ниже 1300 К структура становится неустойчивой и в нестехиометрических карбидах происходят фазовые переходы беспорядок-порядок, приводящие к образованию упорядоченных фаз со сложными сверхструктурами. Если охлаждение осуществляется быстро, то процесс упорядочения не успевает закончиться и нестехиометрический карбид остается в метастабильном неупорядоченном состоянии. Из-за различия параметров решеток неупорядоченной и упорядоченной фаз в образце возникают напряжения, которые с течением времени приводят к растрескиванию кристаллов и образованию наночастиц.

УДК 691.168

Синтез цинковых мыл на основе соапстока

Студент гр. 104429 Макаревич В.А.
Научные руководители – Шнып И.А., Лукьянова Р.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Соапсток – побочный продукт, получаемый в процессе рафинирования растительных масел, в частности, при производстве маргарина. Соапсток представляет собой водный раствор натриевых солей жирных кислот, содержащий дополнительно триглицериды (нейтральные жиры), фосфолипиды, красящие вещества и другие компоненты исходных жиров и масел. Согласно ТУ РБ 190239501.034-2002, в соапстоке – массовая доля общего жира не менее 25,0%, массовая доля натриевых солей жирных кислот – не менее 15,0%, остальное – вода и другие примеси (~ 60%).

При производстве строительных материалов важно получить материалы с минимальным водопоглощением, т.к. именно водопоглощение материала во многом определяет ряд физико-технических показателей, таких как морозостойкость, трещиностойкость, коррозионная стойкость и т.д. Под влиянием губительного действия влаги атмосферы происходит постоянное разрушение всех видов строительных материалов: камня, бетона, кирпича, известняка, дерева, гипса. Поэтому повышение атмосферостойкости строительных материалов и конструкций, главным образом защита их от действия влаги, - является большой народнохозяйственной задачей.

Известно, что мыла – соли высших жирных кислот: $R - COOMe$ и $(R - COO)_2Me$ - обладают поверхностно-активными свойствами и снижают водопоглощение обработанных ими материалов, т.е. придают им гидрофобные свойства. Особенно высокие показатели гидрофобизации показали стеараты и олеаты щелочноземельных металлов, которые стабильны во времени, не подвергаются деструкции в цементных бетонах. Наиболее высокое гидрофобное действие оказывал стеарат цинка, который позволил получить минерально-шлаковую композицию с добавкой ~ 2,4% стеарата цинка с пониженным водопоглощением при экспонировании в воде до 8 месяцев. Стеарат цинка также активизирует набор прочности при длительном водном твердении.

В качестве источника для выделения высших жирных кислот (ВЖК) и их натриевых и цинковых солей нами использован постоянно возобновляемый и относительно дешевый отход маргаринового производства, соапсток.

Процесс получения мыл осуществлялся в 2 стадии:

1. Проводился щелочной гидролиз жировых компонентов соапстока насыщенным при комнатной температуре раствором $NaOH$, с двукратным избытком щелочи. Процесс проводился при нагревании реакционной смеси на водяной бане при постоянном перемешивании. При этом образовался ~ 60%-водный раствор Na -мыла в виде вязкой темнокоричневой массы;

2. Проводился процесс обменного разложения Na -солей насыщенным раствором хлорида цинка при комнатной температуре. Выделялись цинковые мыла в виде серой очень густой массы или в виде серо-зеленого осадка, хорошо отделяемого от водного слоя.

Получены битумно-песчаные композиции с добавками синтезированных натриевых и цинковых мыл. Исследуется сцепление модифицированного битума с песком (ГОСТ 11508-74) и определение водопоглощения при долговременном погружении (СТБ ЕН 12087-2007).

УДК 666.9

Разработка составов модифицированных вяжущих

Студент гр. 104128 Бердник Е.Н.
 Научный руководитель – Бурак Г.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Рациональное использование дорожно-строительных материалов в конструктивных слоях дорожных одежд - важная народнохозяйственная задача; актуальным вопросом при этом является обеспечение работоспособности дорожной конструкции в различных условиях эксплуатации с учетом транспортных нагрузок и климатических факторов. Одним из перспективных направлений, позволяющих решить данную задачу, является применение битумов, модифицированных полимерами. В результате модификации нефтяных битумов можно изменить их структуру, и, как результат, физико-механические и технологические свойства.

Для модификации битума применялась сера ($\omega_s = 1-3\%$ от массы битума). Сера перемешивалась с латексом ($m_s = 0,33m_{\text{латекс}}$) и полученная смесь вводилась в нагретый до 100°C битум. Температура, в процессе перемешивания, поднималась до 140°C .

В горячем состоянии вяжущее более жидкое, чем битум. В холодном состоянии осаждение растворенной серы способствует образованию пластичной смеси, а затем кристаллизация серы обеспечивает еще большую жесткость смеси. Сера, введенная в битум при температуре $120 - 140^\circ\text{C}$, расплавляется и равномерно распределяется в нем. В процессе перемешивания сера частично растворяется в масляных компонентах битума. Растворенная и расплавленная сера оказывает на битум пластифицирующее действие. При температуре ниже 120°C расплавленная сера начинает выкристаллизовываться. Кристаллическая сера играет роль дисперсного наполнителя в асфальтобетоне, повышает его прочность и теплостойкость.

Результаты испытаний битума с серой.

№ пп	П25	П	КиШ	Тхр	Э13 %	До, см	Удерживающая способность при ударе		Показатели физико- мех.свойств после прогрева		
							-tmax	+tmax	КиШ	П25	Э13
1	60	25	51	-12	72	10	-10	+50	5	86	40
2	60	26	49	-	-	-	-	-	-	-	-
3	60	22	52	-12	74	8	-10	+50	4	89	52

Так температура размягчения по КиШ повышается с 45°C до 52°C , однако при этом система становится более вязкой (пенетрация снижается с 85 до 60°C), но увеличивается эластичность и несколько снижается температура хрупкости до -12°C .

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что битум с добавлением серы однороден и по физико-химическим показателям соответствуют нормам СТБ. Применение асфальтобетона, модифицированного серой, по сравнению с традиционным асфальтобетоном позволяет: сэкономить до 30% битума; повысить производительность асфальтосмесителей на 10% за счет уменьшения времени перемешивания; снизить температуры нагрева вяжущего и минеральных компонентов асфальтобетонных смесей на $20-30^\circ\text{C}$; увеличить срок службы покрытия на 5% .

УДК 546.57

Разработка методики получения металлических частиц серебра в нанометровом диапазоне размеров

Студентка гр. 104518 Садовская О.И.
 Научный руководитель – Беяцкий В.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В связи с бурным развитием исследований в области нанохимии и нанотехнологии в последние десятилетия во всех промышленно развитых странах интенсивно развиваются методы получения веществ, и металлов в частности, с размерами частиц, находящимися в пределах $1-100$ нанометров, так называемых наночастиц.

Целью работы являлась разработка методики получения металлических частиц серебра с размерами, составляющими несколько десятков нанометров.

Нанометр ($1\text{нм}=10^{-9}\text{м}$) – одна миллиардная часть метра, очень маленькая величина, составляющая всего порядка 10 атомов. В последние 10-15 лет проводятся исследования наноразмерных объектов, имеющих величину от долей нанометра до приблизительно 100 нм. Нижний размер частиц определяется размерами единичных атомов и молекул, верхняя граница размеров в некотором роде условна, это при котором частицы уже начинают иметь свойства объемных материалов. Для наночастиц необходимо учитывать квантовые особенности небольших образований атомов и молекул.

Получение частиц с размерами, находящимися в пределах нескольких нанометров возможно как по принципу дробления вещества (принцип «сверху-вниз»), так и по пути создания отдельных частиц путем их укрупнения из отдельных атомов и молекул (принцип «снизу-вверх»). Для обоих этих подходов характерно то, что образующиеся частицы необходимо зафиксировать в подобном состоянии, поскольку наночастицы металлов менее 10 нм являются системами, обладающими избыточной поверхностной энергией и высокой химической активностью. Частицы размером 1 нм практически без энергии активации вступают в процессы агрегации, приводящие к образованию наночастиц металлов, и в реакции с другими химическими соединениями, обуславливающие получение веществ с новыми свойствами. Запасенная энергия таких объектов определяется в первую очередь некомпенсированностью связей поверхностных и приповерхностных атомов, что может стать причиной возникновения необычных поверхностных явлений и реакций.

В этой связи нами был выбран способ получения металлических частиц из коллоидного раствора нитрата серебра путем его восстановления солянокислым гидразином в аммиачной среде.

Суть разработанной методики состояла в следующем:

В качестве водорастворимого полимера использовался гидролизованное в среде КОН полиамидное волокно, которое в первоначальном виде представляло собой пасту с содержанием органического вещества 50%. Готовился ряд растворов с содержанием водорастворимой органической фазы 5-20%. В раствор (объем 100 мл) гидролизованного полиамида вносилось азотнокислое серебро в виде 3% водного раствора в количестве от 1 мл до 10 мл. В случае необходимости добавлялось 1 мл раствора NH_4OH до $\text{pH} \approx 10-11$ и при интенсивном перемешивании вносилось от 1 мл до 5 мл 5% раствора солянокислого гидразина $\text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$. Реакционная смесь выдерживалась при интенсивном перемешивании в течение одного часа. Наблюдался значительный индукционный период восстановления серебра, (несколько часов, особенно для разбавленных растворов). Об образовании коллоидного серебра говорит наличие конуса Тиндаля при пропускании пучка света.

Определение размеров методом атомно-силовой микроскопии показало, что образуются сферические частицы серебра от 30 нм до 100 нм.

УДК 627.7

Использование техногенных продуктов в дорожном строительстве

Студент гр. 104618 Сманцер Р.В.

Научный руководитель – Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в связи с ростом интенсивности и грузонапряженности движения транспортных средств особенно важную роль приобретают своевременность и качество проведения работ по текущему ремонту автодорог. Несвоевременность выполнения текущего ремонта вызывает в дальнейшем существенное увеличение объема ремонтных работ и снижает безопасность движения. Однако проведение ремонтных работ в осенне-весенний период затруднено неблагоприятными погодными условиями на территории Республики Беларусь. Эти недостатки можно устранить путем применения новых вяжущих материалов (пластобетонов), обладающих значительно лучшими физико-механическими свойствами.

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что использование технического полиуретанового аддукта с отвердителем и дисперсных гранитных отсеков (Микашевичи) в сочетании с песком сопровождается образованием структур, обладающих высокой механической прочностью (8-9 МПа), низкими значениями водопоглощения (0,5 – 1,5%) и высокой морозостойкостью. Однако, недостатком таких композиций являлось применение в композициях дорогостоящего отвердителя (изоцианатов), что снижало возможность использования составов для ямочного ремонта дорог.

В связи с этим в работе исследована возможность использования технического отвердителя полиуретанового аддукта для получения композиций холодного твердения с короткими сроками схватывания.

Методика приготовления образцов включала введение технического отвердителя в полиуретановый аддукт в соотношении 1:5 и 1:6. Для снижения вязкости аддукта его предварительно растворяли в сольвенте

в количестве 20% от массы аддукта. Полученное, таким образом, вяжущее вводили в наполнитель (песок + щебень), тщательно перемешивали до получения однородной массы и укладывали путем штыкования в формы размером 40×40×160.

После затвердевания композиций образцы извлекали из форм и исследовали их физико-механические свойства.

В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальное количество отвердителя находится в тех же пределах (5–1, 6–1) как и для индивидуальных отвердителей. Показано, что повышенное содержание отвердителя приводит к некоторому вспучиванию образцов. Последнее несколько снижает прочностные свойства (с 8–9 МПа до 6–7 МПа). Однако величины водопоглощения практически не изменяются и не превышают 0,5%. Применение в качестве отвердителя технического продукта не влияет также и на морозостойкость композиций, которые удовлетворяют требованиям ГОСТа для дорожных покрытий.

УДК 625.7

Исследование адгезионных свойств битума обработанных ультразвуком

Студент гр. 104118 Равинский Е.Н.

Научный руководитель – Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Битумы при быстрых деформациях ведут себя подобно хрупким телам, поэтому можно предположить, что интенсивные механические воздействия приведут к изменению их структуры и свойств. Одним из путей такой интенсификации является ультразвуковая обработка битума. Повышение активности модифицированных битумов должно способствовать формированию устойчивой адгезионной связи их с минеральными материалами и за счет этого увеличению коррозионной устойчивости и долговечности асфальтового бетона.

Эффективность ультразвуковой обработки битума за счет явлений кавитации, перемешивания и радиационного давления, характерных для действия ультразвука, обусловлена тем, что частота механического воздействия превышает скорость релаксационной подвижности обрабатываемых структурных элементов битума при технологической температуре.

Одни из наиболее активных компонентов битума (асфальтены) образуют при обычных условиях надмолекулярные структуры или блоки в виде ассоциированных комплексов. В случае расположения полярных групп внутри таких комплексов углеводородные цепочки образуют внешнюю оболочку, затрудняющую полярным группам вступать во взаимодействие с минеральной поверхностью. При обычной технологии приготовления асфальтобетонных смесей адгезионные свойства асфальтенов, а также смол используются слабо, так как практически единственным фактором легализации надмолекулярных структур асфальтенов является температура.

При ультразвуковом воздействии возможно максимальное разрушение таких комплексов, при котором, предположительно, связи межмолекулярного характера между блоками могут разрываться, а полярные группы высвобождаются из углеводородного экрана, что даст возможность использовать новые связи и группы в процессе взаимодействия битума с поверхностью минеральных материалов, т.е. усиливается адгезия битума.

Данные, полученные при определении поверхностного натяжения битумов, показали снижение данного показателя у битумов, подвергнутых УЗ-обработке, что также свидетельствует об увеличении их полярности и соответственно отражается на улучшении адгезионных свойств битумов.

Механизм действия ультразвука на структуру битума обуславливает возможность кратковременного существования эффекта УЗ-обработки с восстановлением исходной структуры битума после завершения воздействия.

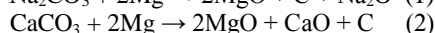
Основной частотой ультразвука в исследовании была выбрана частота 18 кгц. Это было обусловлено максимальным эффектом улучшения свойств битумов и асфальтовых бетонов, полученным при использовании данной частоты, а также тем, что выпускаемые промышленностью ультразвуковые аппараты работают в диапазоне частот 15-22 кгц.

Проведенные исследования битумов показали, что УЗ-обработка приводит к разрушению асфальтовых комплексов, выражающемуся в их измельчении, и уменьшению размеров отдельных глобул. Результаты стандартных испытаний асфальтовых бетонов показали, что при использовании битума обработанного ультразвуком снижаются показатели водонасыщения и набухания асфальтобетона, что хорошо коррелирует с полученными при испытании битумов результатами, свидетельствующими об увеличении при УЗ-обработке битумов их адгезионных свойств, которыми, в основном, и определяется водоустойчивость асфальтовых бетонов. В среднем, увеличение адгезионных свойств битумов при УЗ-обработке составляет 30-70%.

Студент гр. 104138 Слижов Д.Ю.
Научный руководитель – Яглов В.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Под реакцией самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) понимается реакция, вызываемая локальным выделением тепла на границе смеси порошкообразных реагентов, которая распространяется затем за счет тепловыделения в области реакции и передачи тепла от горячих областей смеси к холодным. Метод СВС широко применяется для синтеза самых разнообразных материалов, в том числе и неуглеродных наноматериалов.

Исходные продукты для проведения реакций СВС с целью получения углеродных нанотрубок (УНТ) должны браться таким образом, чтобы один из них был носителем углерода, а другой – его восстановителем, например,



Метод СВС позволяет получать в реакциях такого типа углеродные нанотрубки лишь при добавлении к исходной смеси реагентов третьего компонента – одного из известных катализаторов получения УНТ, например металлов подгруппы железа (Fe, Co, Ni). В противном случае формируются лишь сфероподобные сажевые частицы углерода.

В отличие от пиролитических методов выращивания УНТ на заранее приготовленной подложке, метод СВС не контролируем в том смысле, что локальные параметры процесса практически не поддаются непосредственному наблюдению. В этом процесс схож с дуговым методом синтеза УНТ с катализатором. Соответственно, как и в случае дуги, можно надеяться на оптимизацию процесса подбором количества катализатора по отношению к реагентам. В дуговом методе оптимальная для роста нанотрубок пропорция составляет ~ 1 мас. % катализатора по отношению к углероду в теле анода.

В работе использовали никелевый катализатор в виде оксида NiO, из которого в ходе реакции с магнием восстанавливался никель.

К сожалению, добиться значительного увеличения содержания нанотрубок при увеличении количества катализатора не удастся. При добавлении катализатора структура полученного продукта характеризуется переплетением большого количества наноуглеродных волокон. Нанотрубок при этом практически нет; встречается лишь небольшое количество углеродных наночастиц, заключающих в себе наноразмерные кластеры никеля. При большом содержании никеля количество таких структур резко нарастает и одновременно резко уменьшается количество сфероподобных сажевых аморфных частиц, но количество нанотрубок увеличивается незначительно.

Утверждать или отрицать в условиях СВС возможность карбидов и их участия в образовании УНТ весьма сложно. При $T \geq 700^\circ\text{C}$ карбиды металлов группы железа не образуются. С другой стороны, образование УНТ или нановолокна из карбида на стадии спада температуры тоже маловероятно, так как наличие карбида резко осложняет растворение углерода в частицах катализатора.

Исходя из изложенного следует отметить, что метод СВС вряд ли использовать для синтеза материала с высоким содержанием УНТ. Интерес в данном случае представляет определение границ метода при движении от весьма дорогих исходных компонентов к более дешевым (известняк-магний) и упрощении условий синтеза (от взаимодействия в вакууме к реакции на воздухе).

С этим и связан выбор наиболее дешевого из всех мыслимых порошкообразных носителей углерода – известняка CaCO_3 в реакции (2). Вместе с тем если ориентироваться на использование продуктов СВС, как модификаторов композиционных материалов, реакция расщепления известняка (2) менее выгодна, нежели, например, реакция расщепления соды (1), так как она дает меньший тепловой эффект (334,4 кДж/моль против 585,2 кДж/моль в (1)).

Таким образом, реакция СВС в системе сода-магний с целью получения углеродных нанотрубок УНТ весьма малочувствительна к выбору количества катализатора. Заметное увеличение выхода нанотрубок перестает наблюдаться при увеличении относительного содержания катализатора > 10 мас. %.

Реакция СВС может быть осуществлена в системе известняк-магний, т.е. с наиболее дешевым порошкообразным реагентом, содержащим углерод, несмотря на сравнительно небольшой тепловой эффект реакции. Процесс в данном случае приводит к образованию небольшого числа УНТ (не более нескольких масс. %). Наблюдается также некоторое количество кристаллической фазы (преимущественно в виде MgO), ко-

торая в совокупности с нанотрубками и нановолокнами, может представлять интерес с точки зрения практического использования полученного материала, после его обогащения.

УДК 625.84.667

Люминофоры длительного послесвечения в дорожном строительстве

Студентка гр. 104219 Бекетова И.Ю.

Научные руководители – Шагойко Ю.В., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На современном этапе развития дорожной отрасли ужесточаются требования к дорожной разметке: увеличение гарантийных сроков эксплуатации, сохранность дорожной разметки по площади и фотометрическим параметрам. Поэтому, краска для разметки дороги должна быть высококачественной, отвечать международным требованиям и стандартам и обеспечивать всесезонное наличие горизонтальной дорожной разметки на проезжей части автомобильных дорог. Соответственно, краски для разметки дорог должны быть быстросохнущими, ударопрочными, устойчивыми к погоде и свету, обладать достаточной эластичностью и износостойкостью, иметь высокие сроки службы, обеспечивать стойкость к химикатам, применяемым для борьбы со снегом, льдом и возможность их использования для разметки и маркировки асфальтовых, асфальтобетонных, шлакобетонных, цементобетонных и нефтябитумных поверхностей дорог.

Люминофоры — вещества, способные преобразовывать поглощаемую ими энергию в световое излучение (люминесцировать). Ранее использовались люминофоры на основе оксидов цинка. Они обладали не очень большой светимостью, имели высокую себестоимость, а также плотность (что фактически делало невозможным практическое применение порошка - он моментально выпадал в осадок).

Как альтернатива данным материалам было предложено использование оксидов алюминия. Такие вещества обладают достаточной светимостью при относительно небольшой фракции (плотность до 2 г/мл). В зависимости от используемой технологии изготовления - пропекания люминофора - он будет светиться ярче или тусклее, будет безопасным или нет для человека. Люминофор следует рассматривать как добавку в определённые материалы в качестве светлоизлучателя. Материалы, заряженные дозой люминофора, с точки зрения наблюдателя, приобретают свойства свечения. Имеет значение светопреломляющие способности носителя. Определённые носители способны усилить видимое значение светимости до полутора раз. Яркость светимости напрямую зависит от способности материала, на который был нанесён носитель, **отражать** свет. В определённых случаях необходимо наличие специального отражающего слоя. Такой слой принято определять, как отражатель. Отражатель в большинстве случаев должен быть белого цвета.

Частицы люминофора в носителе не растворяются, а находятся во взвешенном состоянии. Химических реакций между частицами люминофора и веществом носителя не протекает. Следовательно, необходимо учитывать в основном только один фактор - укрупненность частиц люминофора. Чем плотнее окажется слой частиц люминофора, тем выше будет яркость свечения. Но следует помнить, что люминофор непрозрачен, значит, нижние слои частиц при высокой плотности не будут получать заряд света и окажутся неактивными.

Продолжительность свечения после облучения составляет от 10 до 24 часов, в зависимости от свойств люминофоров. При этом яркость свечения не линейна. В первые минуты после свечения в темноте яркость максимальна, уменьшается пропорционально времени свечения. Спустя несколько часов свечение люминофора продолжает оставаться хорошо заметным, по мере того, как человеческий глаз привыкает к темноте. Важно отметить, что свечение в темное время суток эквивалентно свету полной Луны (0,1 люкс).

Люминофор (на основе алюмината стронция) представляет собой в чистом виде порошок светложёлтого цвета. Размер крупинки 100 – 130 микрон. Крупинцы люминофора не прозрачны и, значит, свет сквозь себя не пропускают. Люминофор смешивался с лаком (связующим) в соотношении 1:3. Расход составил 50 г на м². Полученный материал был нанесён на видимую поверхность подложки, в качестве которого использовались образцы асфальтовых, асфальтобетонных, керамических покрытий.

Для выяснения целесообразности применения отражателя, была использована специальная краска. Также в качестве светоотражающего покрытия была использована люминофорная краска ТАТ – 33. Данный материал способен аккумулировать большие светосуммы энергии при естественном или искусственном освещении и потом может отдавать накопленные светосуммы в течение 8-12 часов после прекращения внешнего освещения. Для «зарядки» изделий с покрытием из люминофоров образцы в течение 10-15 секунд выдерживались у источника света. Оценивалась длительность послесвечения: для этого исследуемый образец помещали под источник света заранее известной мощности (силе излучения) и держали его определенное время (1 час, 2 часа, 5 часов и т.д.). После каждого испытания образец помещали в абсолютную темноту, где оценивали параметры его светимости: длительность и яркость свечения.

Люминофор перестает светиться, если уровень освещения, которое он создает, не превышает некоторую наперед заданную величину (зависит от типа люминофора, размера частицы, составляющих люминофора). Для ТАТ – 33 этот показатель равен 11,2 часа. Материал на основе алюмината стронция также проявлял высокие изучаемые характеристики. Применение отражателя увеличивает яркость свечения во всех случаях.

Таким образом, применение люминофора на основе алюмината стронция является целесообразным, т.к. создает хорошую светимость, которая может быть увеличена с помощью светоотражателя. Также хорошие свойства по аккумулярованию световой энергии проявляет люминофорная окраска ТАТ – 33. Указанные материалы могут эффективно работать в качестве элементов дорожной разметки.

УДК 541.128.13:542.91:665.652.17

Получение основных компонентов нефти из ненефтяного сырья

Студент гр. 104819 Бабич И.А.

Научный руководитель – Краецкая О.Ф.

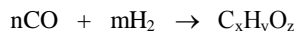
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основным источником моторных топлив в настоящее время является нефть, из которой путем перегонки выделяют различные углеводородные фракции. Добавляя к этим фракциям специальные добавки для улучшения качества и стабилизаторы, получают товарный продукт.

Однако запасы нефти в мире ограничены, а расходы ее огромны. Вследствие этого важное значение имеет разработка методов получения традиционных нефтяных продуктов (и прежде всего, топлива) из альтернативного (нефтяного) сырья.

К таким методам относится, в частности, синтез Фишера–Тропша — синтез углеводородов из синтез-газа — смеси монооксида углерода и водорода.

В общем виде синтез Фишера–Тропша можно представить как совокупность реакций прямого превращения CO и H₂ (синтез-газа) в смесь алифатических углеводородов и кислородсодержащих соединений:



Состав образующейся смеси продуктов зависит от условий проведения процесса и примененного катализатора.

В настоящее время в промышленности наибольшее применение нашли железные и кобальтовые катализаторы.

Перспективным направлением в синтезе углеводородов из CO и H₂ является изучение свойств Со-катализаторов на основе смешанных оксидов (металлосиликатов).

Катализаторы готовили методом пропитки. В качестве носителей использовали силикагель и металлосиликаты MSiO_x (где M = Al, La, Fe, Co, Ce и Ni). Металлосиликаты готовили пропиткой силикагеля водным раствором нитрата соответствующего металла с последующим прокаливанием в токе воздуха. Мольное отношение Si/M составляло 1–5. Содержание кобальта в катализаторах — 20 мас. %.

Перед синтезом образцы восстанавливали в токе водорода при 450°C. Синтез проводили в проточной каталитической установке с кварцевым реактором при атмосферном давлении в интервале температур 150–210°C. Мольное отношение H₂/CO = 2.

Установлено, что все изученные образцы были активны в превращении смеси CO и H₂. Наиболее эффективными являются катализаторы, содержащие La-, Co- и Ce-силикаты.

Показано, что на синтез углеводородов из CO и H₂ оказывает влияние мольное отношение Si/M в металлосиликатах. Наибольшей активностью обладали катализаторы:

- 20%Co/CeSiO_x, при Si/Ce = 1,5;
- 20%Co/LaSiO_x, при Si/La = 1,5;
- 20%Co/CoSiO_x, при Si/Co = 2,5.

При использовании образца на основе церийсиликата показатели процесса были наилучшими. Катализатор 20%Co/CeSiO_x характеризуется высоким выходом жидких углеводородов (161 г/м³) и селективностью в отношении их образования (91%), а также низкой селективностью по метану (5%). Применение этого катализатора позволяет синтезировать углеводороды C₅₊, содержащие 83% парафинов нормального строения и характеризующиеся вероятностью роста цепи 0,85.

Полученные результаты каталитического исследования согласуются с данными термoprogramмированной десорбции аммиака. Согласно данным ТПД, наибольшее количество аммиака (576 мкмоль/г_{кат.}) десорбируется со слабых кислотных центров (T_{max} = 100–190°C), расположенных на поверхности образца

20%Co/CeSiO_x. Именно эти центры, по литературным данным, участвуют в синтезе углеводородов C₅₊ из CO и H₂.

УДК 625.7

Состояние проблемы по использованию ПАВ из вторичных ресурсов для улучшения свойств битума и асфальтобетона

Студентка гр. 104519 Стройкина А.С.
Научный руководитель – Зык Н.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современное строительство автомобильных дорог предъявляет повышенные требования к дорожно-строительным материалам, особенно к вяжущим веществам, в частности к битумам для асфальтобетона. Одним из путей улучшения свойств битума и асфальтобетона является применение поверхностно-активных веществ. От них зависит возможность получения высококачественного асфальтобетона с заданными свойствами, и прежде всего с такими важными физико-механическими характеристиками, как коррозионная стойкость, прочность, пластичность и упругость.

ПАВ в зависимости от свойств, проявляемых ими в воде, делят на анионные (анионактивные), катионные (катионактивные), амфотерные (амфолитные), неионные (неионогенные).

На протяжении ряда лет многими учеными исследовались различные поверхностно-активные вещества с целью применения их в дорожном строительстве. Так, рассматривались влияние их на адгезию битума к поверхности минерального материала, изменение водонасыщения, набухания, водостойкости асфальтобетона, а также влияние добавок на скорость перемешивания, удобоукладываемость и уплотняемость смесей.

При применении специально вводимых ПАВ следует иметь в виду, что битумы являются носителями определенных кислородных, сернистых и азотистых соединений, играющих роль ПАВ. Поскольку в битумах присутствуют ПАВ преимущественно анионного типа, хемсорбционные процессы возможны лишь на поверхности минеральных материалов, содержащих оксиды щелочноземельных и тяжелых металлов. На поверхности же минеральных материалов кислой породы адсорбция обычно имеет физический характер. Положительный заряд поверхности основных пород минеральных материалов благоприятствует адсорбции анионных ПАВ, но она не всегда заряжена положительно.

Адсорбционные процессы и молекулярно-поверхностные явления, связанные с адсорбцией ПАВ, изменяют структуру пограничных слоев битума и влияют на свойства битумо-минеральных смесей. Анионактивные ПАВ обеспечивают хорошую адгезию тогда, когда образуются труднорастворимые мыла. Установлено, что карбоксильные соединения закрепляются на поверхности минералов как в молекулярной, так и в ионной форме. Поэтому существенное значение имеет предварительная активация минеральной поверхности.

Введение ПАВ в асфальтобетонные смеси позволяет улучшить адгезию битума к минеральным составляющим, улучшить их технологические свойства.

В дорожном строительстве в различных регионах получили применение следующие добавки, содержащие поверхностно-активные вещества: катион-активные вещества - ОДА (октадециламин), ЭВ (эвазин), ДД (диамин диолеат), ДТ (диамин Т), БП-2, БП-3, выравниватель А, катамины А и К и др.; анионактивные вещества - ГС (госсиполовая смола), ПО (парафиновый оксидат), СЖК (синтетические жирные кислоты), 2ЖГ (второй жировой гудрон), ОР (окисленный рисайкл), soapсток, асидолмылонафт, сульфатное мыло, сульфанола, контакт Петрова и др., регламентированные инструкцией по применению ПАВ.

На современном этапе дорожного строительства остро стоит вопрос о промышленном производстве недорогих специально синтезируемых веществ на основе вторичных ресурсов, так как зарубежные ПАВ дорогостоящие.

Известно применение в дорожном строительстве таких адгезионных добавок, как "Камид", "Шедор", "Котриол", "Кодид", АСД-1, АСД-2. В последние годы наибольший объем внедрения получили катионактивные добавки "Кодид", "Кодид-2М", "Бикор" и "Тамин-Т4". Данные добавки эффективно используются для повышения адгезии битума с минеральными материалами кислых горных пород (гранит, кварцит, кварцито-песчаник) и улучшения за счет этого качества асфальтобетонных покрытий и поверхностной обработки, что особенно важно для регионов, на территории которых имеются месторождения этих горных пород.

Сравнительные исследования эффективности разработанных и вновь синтезированных ПАВ на повышение качества асфальтобетона, на наш взгляд, необходимо проводить с использованием одних и тех же составов асфальтобетонных смесей, минеральных материалов (кислых и основных), марок и видов нефтя-

ных битумов применительно к условиям работы дорожных покрытий с использованием современных стандартных и физико-химических методов анализа.

УДК 625.7

Битум-полиуретановое вяжущее для дорожных покрытий

Студент гр. 104138 Кулинка С.С.
Научный руководитель – Евсеева Е.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Асфальтобетоны широко используются в дорожном, аэродромном, промышленном, жилищном и гидротехническом строительстве. Однако при высоких температурах эксплуатации вязкость и прочность битума снижается, что приводит к зарождению дефектов, ведущих к разрушению дорожных покрытий. Интенсивное трещинообразование наблюдается при температурах воздуха ниже температуры хрупкости битума несмотря на то, что применяемые в дорожном строительстве битумы соответствуют требованиям ГОСТ. Поэтому создание и внедрение новых комплексных битумных вяжущих, способных повысить долговечность и экономичность дорожных покрытий является актуальной задачей.

Одним из направлений совершенствования качества вяжущего является введение в них различных полимеров, позволяющих повысить трещиностойкость, водо- и морозостойкость, устойчивость к старению покрытий на их основе. Анализ различных классов полимеров показывает широкие возможности и целесообразность применения полиуретанов для модификации битумов. Для полиуретанов характерно уникальное сочетание высокой прочности и твердости с эластичностью и износостойкостью. В связи с этим нами изучено влияние добавок полиуретанов на свойства битумов и асфальтобетонов на их основе.

Модификация битумов добавками большинства полимеров протекает по принципу физического растворения. Гомогенизация добавок достигается при высоких температурах в течение длительного времени, что связано с явлениями расслоения из-за большого различия плотности, вязкости и поверхностного натяжения соответствующих битумов и полимеров. Это сказывается на эксплуатационных свойствах модифицированных битумов. Битум-полиуретановые вяжущие (полиуретановый аддукт) имеют существенные преимущества перед ранее используемыми добавками полимеров. Полиуретановый аддукт представляет собой продукт, который хорошо совместим с битумами. Его взаимодействие с битумными компонентами протекает в мягких условиях: температура 120-140°C при смешении в течение одного часа. При производстве асфальтобетонов на асфальтобетонных заводах битум подвергается длительному нагреву, поэтому обязательным показателем качества должна быть термическая устойчивость. Проведенные в этом направлении исследования показали, что полученные нами битум-полиуретановые композиции разрушаются при температурах, значительно превышающих температуры технологической переработки битумов.

Для получения битум-полиуретанов использовался способ одностадийного смешения битумов марки БНД 60/90 и БНД 90/130 с полиуретановым аддуктом и отвердителем. Введение добавок расширило температурный интервал эксплуатации за счет повышения температуры размягчения по кольцу и шару на 5-9°C при одновременном снижении температуры хрупкости до -17 - 18°C в зависимости от количества полиуретанового аддукта. Результаты испытаний показали улучшение и деформационных свойств композиций. Значения растяжимости значительно превысили показатели для исходного битума и составили при температуре 25°C 90 см, а при 0°C - 40 см. Относительное удлинение за счет появления эластичных свойств возросло с 20 до 30%.

Для того, чтобы дорожное покрытие находилось в хорошем состоянии длительное время, прочность асфальтобетона должна превышать реальные напряжения, возникающие в этом материале под влиянием растягивающих, сжимающих и изгибающих усилий, связанных с воздействием статических и динамических нагрузок. Проведенные исследования показали, что значения предела прочности при сжатии при 20°C асфальтобетонов на основе битум-полиуретановых вяжущих превышает величину, заданную ГОСТ, и составляет 3,1-3,3 МПа в зависимости от количества введенного полиуретанового аддукта, а при 50°C этот показатель составил 1,2-1,3 МПа. Кроме того, образцы показали увеличение водостойкости и снижение водонасыщения по сравнению с асфальтобетонами на основе исходных битумов.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения битум-полиуретановых вяжущих с повышенными физико-механическими, реологическими, теплофизическими свойствами. Асфальтобетоны на основе битум-полиуретанов характеризуются повышенной прочностью, улучшенными деформационными свойствами и водостойкостью.

Студент гр. 104616 Резвицкий Н.С.
 Научный руководитель – Проворова И.Б.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Большинство катализаторов, используемых при перегонке нефти, содержат 10-70% оксидов ценных металлов (Ni, Co, Mo, Sг и др.). На предприятиях нефтеперерабатывающей и химической промышленности Республики Беларусь ежегодно собирается свыше 1000 тонн отходов катализаторов. Захоронение отходов недопустимо по экологическим соображениям, а утилизация с целью рециклинга металлов по разным причинам не производится.

Известен способ извлечения молибдена из отработанных молибденсодержащих катализаторов, включающий окислительный обжиг, обработку отходов водным раствором карбоната натрия при температуре ~500°C для перевода триоксида молибдена (MoO_3) в растворимый молибдат натрия (Na_2MoO_4). Последний осаждается в виде молибденовой кислоты (H_2MoO_4) при обработке 53%-ным раствором азотной кислоты (рН раствора 5,2-5,5). Выход молибдена в виде молибденовой кислоты составляет 85%.

Недостатком данного метода является то, что в результате обработки раствором карбоната натрия в раствор переходят все основные компоненты отработанного катализатора (Al, Co, Mo). Следовательно, возникает необходимость увеличить количество стадий в технологическом процессе для их выделения.

Кроме того, существует способ извлечения молибдена в виде оксида молибдена из отработанных катализаторов, включающий смешивание катализатора с порошкообразным карбонатом натрия, добавление воды и повторное перемешивание для того, чтобы пропитать частицы катализатора раствором карбоната натрия. Затем смесь нагревают для превращения присутствующего молибдена в молибдат натрия, обрабатывают при комнатной температуре углекислым газом, после чего обрабатывают горячей водой для растворения молибдата натрия. Последний осаждают в виде молибденовой кислоты в результате трехстадийной обработки раствора азотной кислотой (рН раствора 5,2-5,5).

Недостатком данного метода является то, что для осаждения молибденовой кислоты раствором азотной кислоты, необходимо осуществлять непрерывный контроль величины рН, значение которой должно выдерживаться в достаточно узком интервале. Кроме того, выход молибдена в виде молибденовой кислоты составляет не более 85%, а оставшийся после фильтрации кислый раствор требует нейтрализации для последующей утилизации.

В предлагаемом способе молибден извлекается в виде осадка молибдата кальция, что позволяет увеличить степень извлечения молибдена до 90%, существенно упростить технологическую схему, а также исключить образование кислых растворов, требующих дополнительной нейтрализации.

Поставленная задача достигается тем, что в способе извлечения молибдена из отработанных катализаторов, включающем прокалилку отработанного катализатора при температуре 700°C в течение 3 часов, его смешивание с порошкообразным карбонатом натрия, добавление воды, повторное перемешивание для того, чтобы пропитать частицы катализатора раствором карбоната натрия, нагрев для превращения молибдена в молибдат натрия при температуре 750°C в течение 1 часа, обработку при комнатной температуре углекислым газом в течение 3 часов, добавление горячей воды для растворения молибдата натрия, осаждение молибдена ведут хлоридом кальция с последующей фильтрацией и сушкой осадка. Полученный в результате осаждения молибдат кальция является конечным продуктом переработки.

Метод осуществлялся следующим образом: 1000 г отработанного катализатора АКМ (12% MoO_3 , 4% CoO , 84% Al_2O_3) прокалили при температуре 700°C в течение 3 часов. Прокаленный катализатор смешивали с порошкообразным карбонатом натрия массой 135 г и перемешивали в течение 15 минут для гомогенизации смеси. К полученной смеси добавляли 350 мл H_2O и перемешивали в течение 15 минут для того, чтобы пропитать частицы катализатора раствором карбоната натрия. Полученная смесь подвергалась нагреву при температуре 750°C в течение 1 часа. После охлаждения смеси до комнатной температуры осуществляли продувку углекислым газом в течение 3 часов. Обработанную смесь смешивали с горячей водой (на 1 кг смеси 1,5 л воды) для перевода в раствор молибдата натрия. К образовавшемуся после фильтрации раствору молибдата натрия добавили 40% раствор хлорида кальция в молярном соотношении 3,5:1 соответственно.

В результате фильтрации, промывки холодной водой и сушки осадка молибдата кальция его масса составила 172 г следующего состава:

Элемент	Mo	Ca	O	S	P	Примеси
%	41,98	20,60	36,58	-	-	0,84

Полученный осадок соответствует марке МДК-2 технических условий на молибдат кальция. Выход молибдена из отработанного катализатора составил 90 %.

УДК 625.7

Выбор полимерного модификатора при изготовлении дорожных покрытий с заданными эксплуатационными характеристиками

Студент гр. 104128 Бондарович Д.Н.
Научный руководитель – Слепнева Л.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время к качеству дорожных покрытий предъявляются жесткие требования в связи с развитием интенсивного и скоростного движения автомобилей, выполнение которых связано с необходимостью повышения прочности, эластичности и теплостойкости в широком диапазоне эксплуатационных температур. Это достигается введением в минеральное покрытие небольших добавок высокополимерных материалов - полимерных модификаторов. С целью выбора подходящего полимерного модификатора была изучена растворимость промышленных полимерных материалов в органических растворителях. В качестве испытуемых полимерных материалов были выбраны каучуки разных марок, полипропилен полиуретан и пенополистирол.

Качественное и количественное определение растворимости исследуемых материалов проводили по стандартной методике. Для качественного определения растворимости в пробирку с притертой пробкой помещали 0,5 г хорошо измельченного испытуемого полимера, приливали 5 мл растворителя и оставляли на 2 часа при комнатной температуре, изредка встряхивая содержимое пробирок.

При определении растворимости полимерных материалов в органических растворителях в качестве объектов исследования использовали гранулированные полимерные материалы: образец №1 – полипропилен производства Беларуси, г. Полоцк, образец №2 – полипропилен производства Словении, образец №3 – полиуретан. В качестве растворителей использовали: бензин марки А-92, ацетон, этилацетат, а также смесь растворителей состава: 80 % об ацетона и 20 % об. этилацетата. Установлено, что образцы № 1 и № 2 практически не растворимы в исследуемых растворителях; образец № 3 не растворим в бензине, малорастворим в этилацетате (наблюдается частичное набухание гранул полимера), хорошо растворим в ацетоне и смешанном растворителе.

Изучение растворимости ряда каучуков в бензине показало, что каучуки СКИ, СКД, АРМК-15, ХБК, БК-1675, АРК растворимы в бензине. Не растворимым в бензине оказался натуральный каучук. Растворы каучуков в бензине различались по вязкости. Растворы СКД, АРК и АРМК-15 имели высокую вязкость, а растворы СКИ, ХБК, БК-1675 имели низкую вязкость.

Было изучено также растворение пенополистирола в ряде растворителей: этиленгликоль, бензин, нефрас, сольвент. Наблюдалось полное растворение пенополистирола в этиленгликоле, но раствор оставался мутным. При растворении пенополистирола в бензине вначале наблюдалось бурное растворение, которое оканчивалось образованием плотного нерастворимого сгустка полимера. Пенополистирол в нефрасе не растворялся, однако наблюдалось полное растворение пенополистирола в сольвенте, раствор был прозрачным.

О растворяющей способности можно судить по количеству осадителя, способного вызвать помутнение раствора полимера. Чем больше осадителя требуется добавить в раствор до появления мути, тем лучшей растворяющей способностью обладает данной растворитель. Для количественной оценки в коническую колбу помещали 0,1 г хорошо измельченного испытуемого полимера и растворяли в 3 мл растворителя. Затем из бюретки приливали к раствору осадитель до появления исчезающей мути. Объем добавленного осадителя, приходящийся на 1 мл взятого растворителя является количественной характеристикой растворимости полимера в данном растворителе.

Для количественной оценки растворимости полиуретана в ацетоне и смешанном растворителе определяли массу нерастворившейся (не набухшей) твердой фазы после ее высушивания на воздухе в течение 6 часов при комнатной температуре. Установлено, что растворимость полиуретана в ацетоне составляет 205 ± 4 г/л растворителя, в смешанном растворителе – 162 ± 4 г/л растворителя.

Студент гр. 104128 Шульга А.В.
 Научный руководитель – Глушенок Г.К.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В соответствии с теорией, разработанной профессором Ф.Г. Унгером, имеющиеся на поверхности минеральных материалов свободные радикалы могут являться центрами, на которых осаждаются асфальтены. Поскольку асфальтены являются парамагнетиками, показателем интенсивности процесса старения нефтяной дисперсной системы может быть концентрация в ней парамагнитных центров, свидетельствующая о концентрации асфальтенов.

ЭПР исследование образцов битума проводилось на ЭПР спектрометре ERS-220 в X-диапазоне (рабочая частота 9,45 ГГц) в резонаторе прямоугольной формы. Спектры регистрировались при комнатной температуре (295К) и при температуре жидкого азота (77К). Амплитуда ВЧ-модуляции (100 кГц) составляла 1,0 Гс. Измерения концентрации парамагнитных частиц и определение g-фактора свободных радикалов в образцах битума проводилось с использованием аттестованного стандарта Mn^{+2} в решетке ZnS, помещенного в боковой канал резонатора. Двойное интегрирование сигналов при измерении концентрации парамагнитных частиц осуществлялось с помощью программы Scan1V, обеспечивающей работу спектрометра и его связь с компьютером.

Полученные спектры ЭПР содержат интенсивный сигнал свободных радикалов, который сопоставим по величине во всей образцах, и ряд слабых сигналов, которые могут относиться к спектрам ЭПР комплексных соединений металлов переменной валентности, металлоорганическим производным и сигналам от минеральных примесей, присутствующих в исследуемых объектах. Следует отметить, что новых сигналов в спектрах при температуре 77К, не обнаруживается.

Значения g-факторов свободных радикалов для исследуемых образцов битума составили 2,0038 (образец 1), 2,0038 (образец 2) и 2,0040 (образец 3), что указывает, на то, что основной сигнал принадлежит радикалам с локализацией неспаренного электрона на углеродных атомах.

Общая концентрация парамагнитных частиц в образцах битума находится на уровне $(2,5 - 3,0) \cdot 10^{17} \text{ г}^{-1}$ и обусловлена более чем наполовину органической составляющей ЭПР спектра, т.е. неспаренными электронами локализованными преимущественно на углеродных атомах асфальтенов.

При различных способах математической обработки концентрация радикалов существенных изменений не претерпевает, а содержание свободных радикалов предполагает качество образцов битума одинаковым и достаточно высоким. Полученные результаты в дальнейшем будут использоваться для оценки результатов модификации асфальтовых покрытий различными способами.

Студентка гр. 8 Давидович Е.В.
 Научный руководитель – Кравчук А.П.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Для производства изделий, сочетающих высокую механическую прочность и стойкость к тепловому удару, значительный интерес представляют ситаллы, основными кристаллическими фазами в которых являются литиевые алюмосиликаты, характеризующиеся близким к нулю или отрицательным температурным коэффициентом линейного расширения: β -сподумен ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$, $\alpha_{1200^\circ C} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$), эвкрипит ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, $\alpha_{1200^\circ C} = -90 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$), и метастабильные твердые растворы на основе β -кварца.

Целью данной работы являлось получение термостойких ситаллов и изучение их физико-химических свойств.

Для исследований была выбрана область системы $Li_2O-ZnO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$, ограниченная содержанием Li_2O 8–18,0 мас.%, ZnO 2,0–12,0 мас.%; SiO_2 55–65 мас.%. Оксиды Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 вводились для формирования кристаллических фаз, представленных β -сподуменом и эвкрипитом. Снижение деформационной способности опытных стекол при кристаллизации предполагалось обеспечить введением ZnO . В качестве эффективного катализатора кристаллизации литийалюмосиликатных стекол использовался TiO_2 в количестве 5 мас.%.

Синтез стекол осуществлялся в фарфоровых тиглях в газовой стекловаренной печи при температуре 1500°C с выдержкой 1 ч.

Формование стекол производилось путем отливки в виде плоскопараллельных пластин и штабиков. Отжиг проводился в электрической муфельной печи при температуре 580 °С.

Все стекла хорошо проварились и осветлились. Цвет стекол при увеличении ZnO изменялся от желтого к фиолетовому, что, по-видимому, связано с переходом титана из степени окисления Ti^{4+} в Ti^{3+} .

В результате изучения кристаллизационной способности опытных стекол выявлено, что в интервале температур 700–1100 °С они кристаллизуются в объеме. Стекла с повышенным содержанием Li_2O деформировались при кристаллизации в интервале температур 1000–1100 °С.

Исследование ТКЛР опытных стекол, позволило установить, что его значения изменяются в пределах $57\text{--}90 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Замена SiO_2 на ZnO не оказывала существенного значения на изменение величины ТКЛР. В то время как увеличение содержания Li_2O , компонента понижающего степень полимеризации кремнекислородного каркаса стекла, приводило к повышению ТКЛР опытных стекол.

Для получения ситаллов была проведена термообработка опытных стекол по двухступенчатому режиму: подъем температуры до 650°C (выдержка 30 минут) для формирования центров кристаллизации; подъем температуры до 1050°C (выдержка 1 ч) с целью обеспечения роста основных кристаллических фаз; инерционное охлаждение в печи.

При исследовании теплового расширения закристаллизованных были определены значения ТКЛР закристаллизованных стекол, которые изменялись в пределах от $9,6$ до $16,4 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Исходя из полученных данных видно, что ситаллы обладают более низкими значениями ТКЛР, чем у исходных стекол, очевидно это связано с формированием при кристаллизации β -сподумена и β -эвкрипитита, что подтверждается данными рентгенофазового анализа.

На основе анализа совокупности данных полученных по изучению кристаллизационных технологических и физико-химических свойств был выбран оптимальный состав стекла для получения ситалла с высокой термостойкостью.

Таким образом, были разработаны составы для получения ситаллов в системе $Li_2O\text{--}ZnO\text{--}Al_2O_3\text{--}TiO_2\text{--}SiO_2$, характеризующиеся низкими значениями ТКЛР ($9,6\text{--}16,4 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$).

УДК: 678.652.029.5

Пути снижения токсичности продукции на основе карбамидоформальдегидных смол

Студентка к. 5 гр. 4 ф-та ТОВ Орличеня Н. Г.

Научный руководитель – Крутько Э.Т.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Карбамидоформальдегидные смолы получают путём поликонденсации карбамида с формальдегидом. Технология получения смол такого класса состоит, как правило, из трех стадий: щелочная конденсация, кислая конденсация, стадия сушки. После смолу охлаждают и проводят ее модификацию, направленную на улучшение ее физико-механических свойств. Синтез проводят в аппарате с перемешивающим устройством, снабженным рубашкой.

Карбамидоформальдегидные смолы нашли широкое распространение в различных сферах производства и строительства. Они применяются при производстве карбамидно-формальдегидного пенопласта, древесностружечных и древесноволокнистых плит, фанеры, специальных влагопрочных сортов бумаги и картона.

Но, не смотря на ряд присущих карбамидоформальдегидным смолам положительных технологических, эксплуатационных и экономических факторов, они имеют существенный недостаток - токсичность, обусловленная выделением свободного формальдегида. Карбамидоформальдегидные смолы химически нестабильны. Они могут выделять как формальдегид, который не прореагировал и остался в смоле, так и формальдегид, непосредственно выделившийся при гидролитическом разложении смолы.

Формальдегид — мощный раздражитель глаз, верхних дыхательных путей и кожи. Он также оказывает влияние на центральную нервную систему, вызывая головные боли, усталость и депрессию.

Рост беспокойства относительно потенциальной возможности вредного воздействия формальдегида при эксплуатации и производстве продукции на основе карбамидоформальдегидных смол привел к увеличению требований по улучшению их токсических свойств. Поэтому исследования в направлении снижения выделения формальдегида являются целесообразными и необходимыми.

В настоящий момент определилось несколько направлений решения проблемы токсичности карбамидоформальдегидных смол:

1. Минимизация содержания свободного формальдегида в используемых карбамидоформальдегидных смолах. Синтез маломольных смол обеспечивает сокращение содержания свободного формальдегида и снижает его эмиссию из готовой продукции.

2. Достичь снижения токсичности возможно при помощи наполнителей, выступающих в качестве сорбентов (алюмосиликаты) и акцепторов (крахмалосодержащие добавки) по отношению к CH_2O . Однако, некоторые из акцепторов имеют высокую стоимость, что увеличивает себестоимость целевой продукции.

Таким образом, анализ научной и патентной литературы по этому вопросу показал, что наиболее перспективными являются акцепторы и сорбенты формальдегида. Они не только прочно связывают формальдегид, но и часто выступают в качестве модификатора. Для снижения выделения формальдегида перспективным является использование нескольких веществ одновременно. Это позволяет добиться значительного снижения эмиссии формальдегида. Целесообразны дальнейшие исследования в этом направлении, так как требования к выделению формальдегида увеличиваются.

УДК 666.01

Кинетика взаимодействия электродных стекол со фторсодержащими средами

Студентка 5 курса 8 гр. Буйденкова О.А.

Научный руководитель – Бобкова Н.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Разработка электродных стекол, устойчивых к фторсодержащим средам для изготовления рабочей (активной) части стеклянного электрода, является актуальной задачей при производстве рН метрических приборов на ПРУП «Гомельский завод измерительных приборов». В настоящее время такие электроды поставляются из стран Европы и СНГ.

Фторсодержащие среды, в частности растворы фтористоводородной кислоты, проявляют себя по отношению к силикатным стеклам как агрессивные реагенты, способные разрушать основную структурную сетку стекла. На таком их свойстве основан технологический процесс матирования или травления стекла растворами HF или фторидов с целью создания матовой или полуматовой поверхности, рассеивающей свет. Поэтому разработка составов стекол с повышенной устойчивостью к фторсодержащим средам на основе силикатных систем является сложной задачей и требует введение компонентов, способствующих повышению устойчивости стекол к фторидам. В качестве таких компонентов, на основании данных литературы выбраны ZrO_2 , P_2O_5 и F ион. Оксид циркония является уникальным компонентом, повышающим химическую устойчивость стекол, как к щелочным средам, так и кислотным [1]. Однако, введение ZrO_2 в составы стекол способствует повышению температуры синтеза стекол, вязкости и в ряде случаев приводит к потере прозрачности, вследствие ограниченной растворимости в силикатном расплаве. Кроме того, введение ZrO_2 свыше 2 мол.% приводит к ухудшению электродных характеристик стекол. Введение P_2O_5 способствует повышению устойчивости стекол к фторсодержащим средам [2]. Но содержание P_2O_5 в силикатных стеклах также ограничено из-за глушения последних вследствие ликвационных явлений и их структурной неоднородности. Интерес представляют фторсодержащие соединения – фториды щелочных и щелочноземельных металлов, введение которых в силикатные стекла приводит к повышению устойчивости последних к растворам HF и фторидов [3]. Положительный эффект от добавления галогена проявляется уже на стадии синтеза – улучшаются выработочные характеристики стекла. Замещение части кислорода в структурной сетке стекла эквивалентным количеством фтора приводит к получению анионной составляющей смешенного типа. Но в общем случае влияние фторидов неоднозначно. Фтор способствует увеличению химической устойчивости малостойких стекол и наоборот снижает ее при введении в химически стойкие стекла. Введение фторидов в силикатные стекла ограничено 4–5 мас.%, так как при большей концентрации приводит к глушению стекол за счет ограниченной растворимости фторидов в силикатном расплаве и выделению из расплава фторидов и силикофторидов в кристаллическом состоянии.

Составы электродных стекол синтезированы на основе $\text{SiO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O-K}_2\text{O}$ (Cs_2O) системы, в которую вводились ZrO_2 , P_2O_5 и F в количестве от 0 до 5 мол.% в переменном соотношении. Синтез стекол осуществлялся в корундизовых тиглях при 1300 °С в газопламенной печи с выдержкой при максимальной температуре 1 час. Для измерения значений кислотоустойчивости стекол к фторсодержащим средам готовились штабики в соответствии с требованиями применяемых методик.

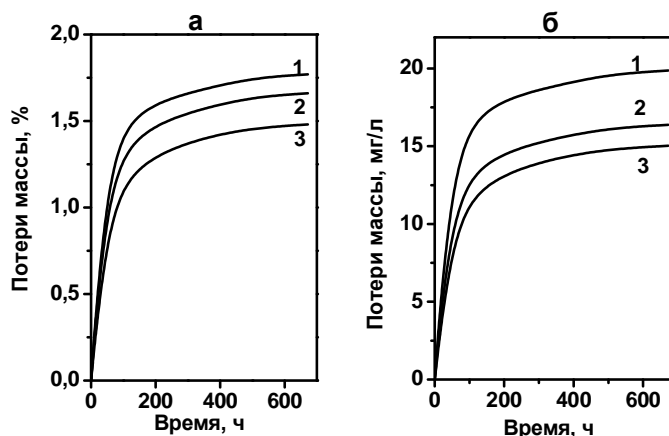
При изучении поведения экспериментальных стекол в растворе HF с концентрацией 1000 мг/л установлено, что линейная зависимость потерь массы стекла от времени выдержки наблюдается при выдержке в растворе только в течение первых 7 суток (168 часов). Как видно из приведенных зависимостей на рисунке при выдержке в растворе HF наблюдается пропорциональный рост потери массы от времени выдержки, что согласуется с закономерностями поведения силикатных стекол в растворах реагентов II группы, к которым

относятся растворы HF и фториды. Однако при дальнейшей выдержке до 28 суток (672 часа) наблюдается резкое замедление процесса разрушения стекла.

Скорость стравливания постепенно снижается, и весь процесс останавливается. Следует предположить, что на поверхности образцов образуется защитный слой, препятствующий дальнейшему разрушению стекла. Согласно схеме приведенной в [4], разрушение силикатного стекла под действием HF идет следующим образом:

$(-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-)_x-\text{O}-\text{Si}- + \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + (-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-)_x\text{OH}$, то есть кроме фторида кремния образуется и гидросиликат.

В случае электродного стекла этот процесс, сопровождается взаимодействием HF с оксидом лития, входящим в состав стекла, с образованием фторида лития LiF. Последний, нерастворим и вначале выделяется в виде осадка, что и наблюдалось в ходе экспериментальных исследований. Следует ожидать, что на последующих стадиях взаимодействия HF со стеклом на поверхности образцов постепенно формируется слой гидросиликата («кремнеслоистая пленка»). Эта пленка защищает поверхность стекла от дальнейшего разрушения и процесс затухает. Однако, в соответствии с [5] в $\text{SiO}_2-\text{La}_2\text{O}_3-\text{Li}_2\text{O}$ системах, содержащих фториды возможно формирование структурных групп $[\text{LaO}_{3/2}\text{F}]$, имеющих сильно-кислотный характер, что также будет ослаблять взаимодействие стекла с растворами HF.



Зависимость потери массы образцов стекол в % (а) и мг/л (б) при выдержке в растворе HF с концентрацией 1000 мг/л: 1–3 номера оптимальных составов

Таким образом, при использовании разработанных электродных стекол необходимо производить предварительную выдержку их растворах HF, что будет приводить к стабилизации процессов взаимодействия стекла и HF.

Литература

1. Парфенов, А.И. Электродные свойства стекол систем $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2-\text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{ZrO}_2-\text{SnO}_2-\text{SiO}_2$ / А.И. Парфенов, Л.П. Филина. – Физика и химия стекла. – 1977. – Т.3 №2. – С. 161–167.
2. Демская, Э.Л. Химическая устойчивость стекол системы $\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ и $\text{V}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ / Э.Л. Демская, Т.И. Прохорова, А.Г. Соколова // Физика и химия стекла.– 1990. – Т. 16, № 1. –С. 145–147.
3. Киприанов, А.А. Влияние фторидных добавок на электрические характеристики щелочно-силикатных электродных стекол/ А. А. Киприанов, Н. Г. Карпухина // Физика и химия стекла.–2001.–Т.27, №1.–С.108–115.
4. Химическая технология стекла и ситаллов / Под ред. Н. М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983.– 432 с.
5. Карпухина, Н.Г. Электродные свойства некоторых фторсодержащих щелочно-силикатных стекол / Н.Г. Карпухина, А.А. Кирианов, // Физика и химия стекла. – 2001. – т. 27, № 1. – С. 101–107

Студентка 5 курса 8 гр. Печень Е.В.

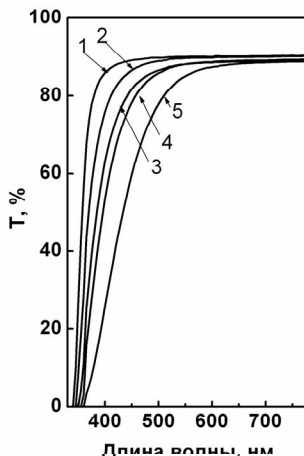
Научный руководитель – Бобкова Н.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Интенсивное развитие основных направлений конструкционной оптики и других отраслей техники, применяющих стекла светотехнического назначения, требует создания и исследования новых материалов с заданными оптическими характеристиками, в частности различных видов светофильтров. Светофильтры, отсекающие УФ область спектра находят применение в разных спектральных приборах для регулирования спектрального состава излучения, а также для защиты от ультрафиолетового излучения для работающих с УФ лампами, сваркой и другими УФ-источниками. Вопросу создания светофильтров, отсекающих УФ область спектра, посвящен ряд работ, однако большинство предлагаемых решений связаны с применением дорогостоящих компонентов, например Eu_2O_3 [1] или GeO_2 [2]. Кроме того, ряд предложенных составов не обеспечивает полного поглощения при 300–400 нм, что также относится к УФ области спектра. Целью настоящего исследования является разработка новых составов стекол для светофильтров, отсекающих УФ область спектра, обеспечивающих полное поглощение в УФ области спектра и прозрачных в видимой и ближней ИК области спектра.

Синтезированы составы стекол на основе $\text{SiO}_2\text{--CaO--BaO--K}_2\text{O}$ стеклообразующей системы с введением $\text{CeO}_2/\text{Bi}_2\text{O}_3$ в широком диапазоне. Синтез стекол осуществлялся при температуре 1450 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 2 часов. Все стекла хорошо проварились и осветлились. Для определения оптических характеристик отформованное стекло нарезалось на пластины толщиной 1 мм, которые подвергались шлифовке и полировке.

Для полученных стекломатериалов исследованы спектры оптического пропускания в УФ и ближней ИК областях спектра (330–1100 нм). Следует отметить, что стекла прозрачны в указанном диапазоне длин волн и имеют крутой край оптического поглощения на границе видимой и УФ областей спектра. Крутизна нарастания оптической плотности исследуемых стекол составляет 2,7–3,3 nm^{-1} , коэффициент оптического светопропускания варьируется в диапазоне 80–90 % в зависимости от соотношения $\text{CeO}_2/\text{Bi}_2\text{O}_3$. Положение края поглощения регулируется молярным соотношением $\text{CeO}_2/\text{Bi}_2\text{O}_3$ и на рисунке показано для интервала от 380 до 800 нм.



1 – 0,5 %; 2 – 1,5 %; 3 – 3,0 %; 4 – 5,0 %; 5 – 7,0 %; 6 – 10,0 % Bi_2O_3
Спектры оптического светопропускания стекол, содержащих 1,5 % CeO_2

Установлено, что разработанные стекла не прозрачны в УФ области спектра и прозрачны в видимой области спектра до 1100 нм. Указанные свойства предлагаемых Ce-Bi-содержащих стекол позволяют изготавливать светофильтры, отсекающие УФ область спектра.

Литература

1. Стекло для изготовления светофильтров: пат. 441246, МКИ С 03 С/06 / В.М. Кафьров, Р.Т. Колосова - №1901250/29-33; Заявл. 30.03.73; Опубл. 30.08.74 // Бюллетень – 1974 - № 32.
2. Стекло для светофильтров: пат. 2255913, МПК С03 С 3/253, 3/14 / Г.Е. Рачковская, Г.Б. Захаревич. - Заявл. 18.03.04; Опубл. 10.07.05 // Бюллетень – 2005 - № 19.

Студентка 5 к., 6 гр., факультета ХТиТ Лукомская Д.В.
Научный руководитель – Ещенко Л.С.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Моющие средства любого назначения практически всегда используются в жесткой воде. Жесткость воды обусловлена наличием ионов кальция, магния и железа, что снижает моющее действие СМС. Одним из эффективных смягчителей воды является тринатрийфосфат (ТНФ), обладающий также антикоррозионными и диспергирующими свойствами. Антикоррозионные свойства обусловлены образованием на поверхности металла фосфатной пленки, которая защищает обрабатываемую поверхность от коррозии. К тринатрийфосфату, как и к любому компоненту, входящему в состав СМС предъявляется ряд требований, таких как низкие гигроскопичность, слеживаемость, а также хорошая рассыпчатость [1]. Данные свойства во многом определяются количеством молекул воды, входящих в его состав. Наиболее распространенным кристаллогидратом тринатрийфосфата является $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, который используется в составе многих моющих средств. Поскольку на долю основного вещества ТНФ приходится 43,3 масс.%, то при его использовании в систему вносится большое количество воды, что отрицательно влияет на физические свойства (слеживаемость, гигроскопичность) производимого порошкообразного моющего средства. Для трехзамещенного фосфата натрия характерно существование следующих фаз: $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ [2]. Определяющими факторами образования той или иной фазы является температура и содержание воды в системе.

Целью работы является получение малогидратного тринатрийфосфата, используемого для производства моющих средств. Исходными реагентами служили ортофосфорная кислота (85,5 мас. %), раствор карбоната натрия (32,0 мас. %), гидроксида натрия (52,2 мас. %), жидкое стекло с модулем $M=2,9$ (состав, мас. %: SiO_2 – 31,5, Na_2O – 11,2). Использование жидкого стекла обусловлено следующими причинами: низкая стоимость и доступность исходного сырья; простая технология его производства; нетоксичность и абсолютная негорючесть. Водные растворы жидкого стекла отличаются широким диапазоном анионного состава и химической активностью. Известно применение жидкого стекла в составе синтетических моющих средств, которое способствует умягчению воды, повышению значения pH в моющем растворе. Введение жидкого стекла позволяет регулировать структуру формируемых дисперсных соединений [3].

Смешение указанных реагентов в системе H_3PO_4 – Na_2CO_3 – NaOH – жидкое стекло – H_2O осуществляли в следующей последовательности: а) в ортофосфорную кислоту последовательно вводили раствор карбоната натрия, гидроксида натрия и жидкое стекло; б) к раствору ортофосфорной кислоты приливали жидкое стекло, раствор карбоната натрия и гидроксида натрия. В зависимости от порядка смешения компонентов и их соотношения образовывался твердый рассыпчатый порошок или твердая монолитная масса. Содержание P_2O_5 определяли фотометрическим методом по фосфорнованадиевому комплексу. Определение точки гигроскопичности, насыпной плотности продуктов отверждения осуществляли по известным методикам. нерастворимого остатка – по методике, приведенной в [ссылка на патент]. Идентификацию продуктов синтеза и определение их фазового состава проводили с помощью дифрактометра 08 Advance фирмы «Bruker» (Германия).

Показано, что в результате нейтрализации раствора кислоты натрийсодержащими реагентами с последующим охлаждением до комнатной температуры система H_3PO_4 – Na_2CO_3 – NaOH – H_2O при содержании в ней 45,0 – 55,0 мас. % H_2O отвердевает. При этом конечный продукт представляет собой твердые монолитные образования, фазовый состав которых следующий – $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Отмечено наличие малоинтенсивных пиков, характерных для $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Согласно результатам химического анализа, твердая фаза содержит 15,4–19,5 мас. % P_2O_5 . Значения точки гигроскопичности и насыпной плотности находится на уровне 70,0–75,0 % и 0,8–0,9 г/см³, соответственно.

Установлено, что введение в систему жидкого стекла практически не оказывает влияния на фазовый состав продукта, но способствует изменению формы и размера его частиц. Показано, что добавление жидкого стекла к раствору ортофосфорной кислоты до смешения последней с растворами карбоната и гидроксида приводит к образованию рассыпчатого неслеживающегося порошка, в то время, как при добавлении жидкого в самом конце синтеза, образующийся продукт склонен к комкованию во времени. Значение точки гигроскопичности и насыпной плотности в зависимости от расхода жидкого стекла изменяется в интервале 80,0–85,0 % и 0,70–0,75 г/см³, соответственно. Содержание P_2O_5 не превышает 14,0–18,8 мас. %, а нерастворимого остатка – 4,0–5,0 мас. %. Дальнейшее увеличение содержания жидкого стекла нецелесообразно, поскольку содержание нерастворимого остатка в конечном продукте возрастает.

Процесс образования порошкообразных продуктов в системе фосфорная кислота – карбонат натрия – гидроксид натрия – жидкое стекло условно можно представить следующим образом. Сначала происходит

насыщение раствора фосфорной кислоты и тринатрийфосфатом и образование насыщенного и пересыщенного раствора, в результате чего появляются первые зародыши тринатрийфосфата, скорость роста которых определяется содержанием воды в системе [5].

На основании результатов экспериментальных исследований, разработан способ получения малогидратного тринатрийфосфата, обладающего низким насыпным весом и высокой гигроскопической точкой. Данный способ отличается от традиционно используемых в технологии ортофосфата натрия отсутствием стадий фильтрации и сушки конечного продукта.

Литература

1. Ещенко, Л.С. Оценка состояния производства синтетических моющих средств и их качества / Л.С. Ещенко, А.В. Лис, А.И. Сумич // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганических веществ. – 2009. – Вып. XVII.
2. Ещенко, Л.С., Касилович, В.А. Синтетические моющие средства, их состав и получение // Наука и инновации. – 2007. – №2. – С. 47-50.
3. Тельнов, А.Ф. Моющие средства и их использование в машиностроении и регенерации : учебное пособие / А.Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1993. – 201 с.
4. Builder-Zusammensetzung: пат. DE 10056346 A 1 Германия, С 11 D 3/08 / Н. Bauer, J. Holz, G. Schimmel; заявитель Clariant GmbH; заявл. 14.11.00; опубл. 16.05.02.
5. Николаев, П.В. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств / П.В. Николаев, Н.А. Козлов, С.Н. Петрова. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 116 с.

УДК 541.18

Вискозиметрические исследования водных растворов, содержащих смесь полиэтиленгликоля и полиакриловой кислоты

Студент Тулейко Д.Н.

Научный руководитель – Крутько Э.Т., Воробьева Е.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Полиакриловая кислота (ПАК) и полиэтиленгликоль (ПЭГ) широко применяются как самостоятельные химические реагенты. ПАК получают полимеризацией эфиров акриловых кислот в массе, суспензии, эмульсии, растворе, ее используют в качестве диспергирующего агента, стабилизатора эмульсий и пен. ПЭГ производят полимеризацией оксиэтилена с этиленгликолем. Полиэтиленгликоль является основным компонентом антифризов, а также применяется при изготовлении флокулянтов, пен и эмульсий [1].

Задачей данной работы являлось исследование вязкости водных растворов, содержащих смесь полиакриловой кислоты и полиэтиленгликоля. Цель – изучение закономерностей поведения данных полимеров при совместном нахождении в растворе.

Ранее нами была изучена вязкость водных растворов полиакриловой кислоты и полиэтиленгликоля, установлена зависимость вязкости растворов данных полимеров от молекулярной массы. Согласно полученным результатам при увеличении молекулярной массы полимера вязкость растворов также увеличивается, что, по-видимому, связано с увеличением самих макромолекул и с воздействием, которое могут оказывать полимеры на воду [2]. Так как и полиэтиленгликоль и полиакриловая кислота значительно увеличивают вязкость композиций, в состав которых они входят, интересно было исследовать поведение смеси этих полимеров в растворе.

Вискозиметрические исследования водных растворов смеси полимеров, содержащих 1:1 в массовых частях ПЭГ и ПАК, проводили при температуре 18°C, используя капиллярный вискозиметр Уббелодде с диаметром капилляра 0,34 мм. Время истечения раствора измеряли с точностью до 1 с, раствор термостатировали с точностью до 0,5°C. Используя полученные данные, были посчитаны удельные вязкости растворов по следующей формуле:

$$\eta = \frac{t}{t_0}, \quad (1)$$

где η – удельная вязкость раствора, t – время истечения раствора, t_0 – время истечения растворителя, то есть воды.

По полученным данным были посчитаны удельные вязкости растворов, используя рассчитанные значения, построили графики зависимости удельной вязкости от концентрации смеси в растворе (рисунок 1).

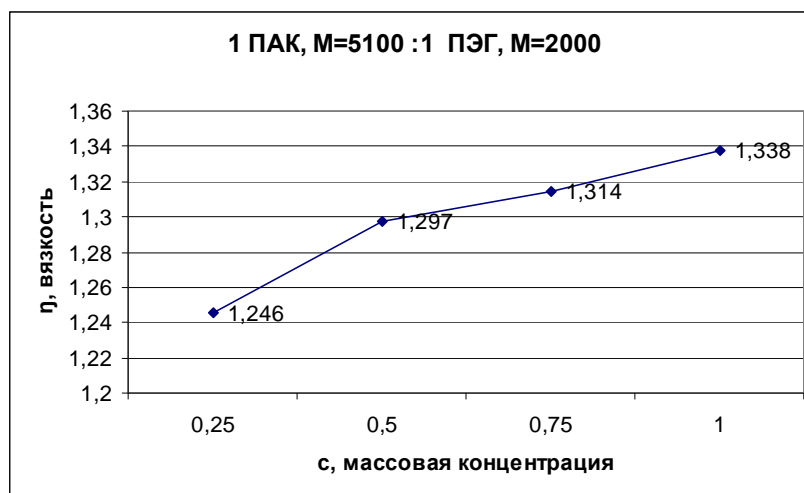


Рисунок 1 – зависимость удельной вязкости раствора от массовой концентрации смеси ПЭГ и ПАК

Видно, что при увеличении концентрации, вязкость также увеличивается. При концентрации смеси в растворе 0,5 % вязкость равна 1,297 при той же концентрации раствора ПАК с молекулярной массой 5100 вязкость – 1,044, а ПЭГ с молекулярной массой 2000 – 1,187. Это значит, что при той же массовой концентрации вязкость раствора, содержащего смесь полимеров, выше, чем вязкость растворов отдельных полимеров. Таким образом наблюдается эффект синергизма. Это явление скорее всего связано с взаимодействием групп полиакриловой кислоты и полиэтиленгликоля, следствием которого является образование более разветвленной и громоздкой макромолекулы.

Литература

1. Коршак В. В. Технология пластических масс. – М.: Химия, 1985. – 559с.
2. Дымент О.Н. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. – М.: Химия, 1976. – 373с.
3. Фиалков Ю.А., Житомирский А.Н. Физическая химия неводных растворов. – Л.: Химия, 1973. – 376с.
4. Harris J.M., Zalipsky S. Poly(ethylene glycol)chemistry. – New York: Plenum Press, 1992. – 425 p.
5. V.P. Poltev, A.V. Terlukin, G.G. Malenkov. – Int.J.Quant.Chem., 1992. – 499p.

УДК 621.928.37 + 621.928.93

Устройство для снижения потерь давления в циклонных аппаратах

Студент гр. 2 Шалухо М.И., аспирант Мисюля Д.И., студент гр. 2 Русакович Ю.Л.
 Научный руководитель – Кузьмин В.В.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Одним из наиболее распространенных техногенных загрязнителей атмосферного воздуха являются различного рода пыли, содержащиеся в отходящих промышленных газах. Во всех технологических процессах, при которых происходит пыление (сушка и обжиг зернистых и порошковых материалов, тонкое измельчение и классификация полидисперсных материалов, функционирование пневмотранспорта и др.) необходимо проводить обеспыливание.

Циклонные аппараты являются самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями благодаря дешевизне, простоте устройства и обслуживания, высокой производительности [1].

Известно, что основные потери в циклоне связаны с вращательным движением газа и с потерей кинетической энергии выходящего вихревого потока [2]. Для преобразования последних в энергию давления используют регенераторы давления, выполненные в виде лопастных раскручивателей.

Циклоны типа ЦН-15, обеспечивающие достаточно высокую эффективность при умеренном гидравлическом сопротивлении, являются наиболее универсальным типом циклонов [3], энергопотребление которых может быть снижено на 20% с помощью известных типов раскручивающих устройств [4]. Однако по данным [5], потери энергии в выхлопной трубе достигают 25–30%. В то же время, учитывая высокую значимость проблемы снижения энергозатрат, совершенствование и внедрение устройств регенерации потерянной энергии является безусловно актуальной задачей.

В связи с этим нами разработана и исследована новая конструкция лопастного раскручивателя для снижения потерь давления в циклонах, представленная на рис. 1.

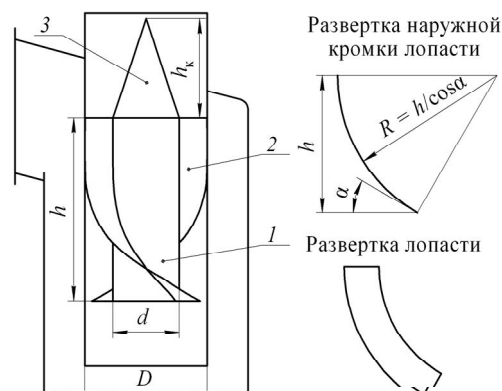


Рис. 1. Конструкция лопастного раскручивателя:

1 – цилиндрическая часть (сердечник); 2 – лопасти; 3 – конус; 4 – обтекатель;
 d – диаметр сердечника; D – внутренний диаметр выхлопной трубы; h – высота лопастей; h_k – высота конуса; α – угол входа потока на лопасти; R – радиус кривизны профиля лопасти

Раскручиватель, располагаемый в выхлопной трубе циклона, состоит из цилиндрической части 1 с радиально прикрепленными, изогнутыми по направлению вращения газового потока, лопастями 2 и конуса 3. Профиль лопастей 2 соответствует дуге окружности радиусом R с углом входа α , определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе, и углом выхода, соответствующим прямолинейному движению газа. Данный профиль лопастей способствует наиболее равномерному изменению направления движения газа.

Исследования гидравлического сопротивления проводились на незапыленном атмосферном воздухе при температуре 20°C на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром 0,24 м в соответствии с рекомендованной НИИОГАЗом методикой [6]. Условная скорость газа изменялась в интервале $w = 2\div 4$ м/с, соответствующему практически используемому диапазону рабочих скоростей для данных циклонов.

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение разработанного лопастного раскручивающего устройства в циклонах ЦН-15 позволяет преобразовать кинетическую энергию вращательного движения очищенного газового потока в статическое давление, снижая при этом их энергопотребление на 30%.

Литература

1. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий: в 2 ч. / Г. М. Островский [и др.]. – СПб.: Профессионал, 2006. Ч. 2. – 916 с.
2. Идельчик, И. Е. К вопросу о гидравлическом сопротивлении циклонов / И. Е. Идельчик // ИФЖ. – 1969. – Т. XVI, № 5. – С. 899–901.
3. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 3 т. / А. С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 2. – 2-е изд., перераб. и доп. – 1025 с.
4. Первов, А. А. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.01 / А. А. Первов; Всесоюз. дважды ордена трудового Красного знамени теплотехнический НИИ им. Ф. Э. Дзержинского. – М., 1973. – 20 с.
5. Первов, А. А. К вопросу о потерях давления в циклоне / А. А. Первов // Промышленная очистка газов и аэродинамика пылеулавливающих аппаратов. НИИОГАЗ – Ярославль, 1975. – С. 15–19.
6. Идельчик, И. Е. Гидравлическое сопротивление циклонов, его определение, величина и пути снижения / И. Е. Идельчик // Механическая очистка промышленных газов / НИИОГАЗ; под ред. канд. техн. наук. Б. Ф. Подошвенникова. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 135–159.

Синтез керамических пигментов с использованием кварца

Студент гр. 9 Белякович И.В.

Научный руководитель – Пищ И.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Цель работы – синтезировать и исследовать керамические пигменты разной цветовой палитры с использованием кварцевого песка и оксидов переходных металлов CoO, NiO.

В качестве минерализатора использовали борную кислоту H₃BO₃.

Смесь исходных компонентов тщательно измельчали, перемешивали и обжигали при температуре 1000 – 1100 – 1200°C с выдержкой 2 ч при максимальной температуре.

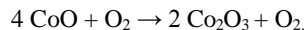
В зависимости от температуры обжига и исходного состава пигментов изменялся цвет спеков от светлых до насыщенных тонов.

В результате качественного исследования дифрактограмм установлено, что с повышением температуры синтеза увеличивается содержание основных кристаллических фаз Co₂SiO₄ и Ni₂SiO₄. Наряду с этими цветонесущими фазами в пигментах присутствуют α-кварц и кристобаллит, а также частично остатки красящих оксидов.

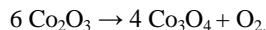
При синтезе пигментов с использованием кварца установлено, что окрашивающая фаза представлена ортосиликатами переходных металлов. В частности, при введении оксида кобальта в присутствии В₂O₃ обнаружены кварц, кристобаллит, Co₂SiO₄. Пигмент характеризуется высокими хромофорными свойствами: светлота – 26,3%, насыщенность – 10%, доминирующая длина волны – 554 нм.

С целью определения механизма формирования кобальтосодержащих силикатных пигментов изучено изменение их фазового состава в процессе термообработки. При температуре 800°C на рентгенограмме зафиксировано наличие Co₃O₄ с кристаллической решеткой типа шпинели Co²⁺[Co³⁺]₂O₄.

По первой стадии протекает реакция:



По второй стадии:



В интервале температур 1000 – 1100°C формируется Co₃O₄ ромбической структуры с последующим разложением Co₃O₄ → 3 CoO + 0,5 O₂ с уменьшением взаимодействия с силикатной основой: CoO + SiO₂ → Co₂SiO₄ – цветонесущая фаза.

На цветовые характеристики оказывают влияние минерализаторы, в частности В₂O₃. Роль ионов бора сводится к компенсации в кристаллической решетке электростатического заряда и обеспечению устойчивости структуры пигмента, а также увеличению количества силикатного расплава.

С другими красящими оксидами образуются пигменты, содержащие остатки оксидов и ортосиликаты, например, NiO и Ni₂SiO₄. Можно вместо кремнезема использовать аморфный кремнегель – отход химического производства.

Таким образом, использование силикатных природных минералов может служить основой для синтеза керамических пигментов широкой палитры с использованием местного сырья и промышленных отходов при сравнительно низкой температуре.

Получение технической муллитокордиеритовой керамики с повышенными термомеханическими характеристиками

Студентка гр. 9 Примачук Ю.А.

Научный руководитель – Дятлова Е.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью данной работы является усиление внимания к проблеме сознательного управления процессами синтеза новых материалов с заданными свойствами, которые крайне необходимы для развивающейся науки и техники.

Из всех вопросов теории процессов технологии керамики наибольший интерес специалисты проявляют к теории спекания, как основополагающему процессу, обуславливающему микроструктуру керамики с точки зрения физико-химии твердого тела. Спекание – сложный многоступенчатый самопроизвольный ки-

нетический процесс, приближающий дисперсную систему к состоянию равновесия. Спекание является главным и завершающим технологическим процессом в производстве керамики, во многом определяющим конечный уровень свойств изделий. Выявление и исследование закономерностей процесса спекания было и остается в настоящее время актуальной задачей.

Наиболее трудным остается вопрос научного обоснования и управления спеканием. Для керамики характерно неизотермическое спекание. Именно при меняющейся температуре наиболее ярко проявляется сложный характер взаимодействия элементарных процессов, определяющих ход уплотнения системы.

Сравнение известных физических и химических способов активирования процессов спекания позволило отдать предпочтение химическим. Химические способы основаны на использовании окислительно-восстановительных реакций, процессов диссоциации химических соединений, химического переноса вещества при спекании и т.п. Для этого используются специальные активаторы, действующие по разным механизмам спекания. Проблема активации процесса спекания чрезвычайно актуальна. Ее решение, с одной стороны, позволит снизить температуру синтеза керамических материалов и, таким образом, значительно сэкономить энергоресурсы. Кроме того, при этом уменьшается расход огнеупоров для проведения обжига изделий. С другой стороны, активизация процессов спекания приведет к получению более плотных структур керамики, обуславливающих повышенные механические характеристики, что увеличит, в свою очередь, износостойкость и срок службы керамических изделий.

К перспективным направлениям химического активирования спекания керамических материалов следует отнести использование процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Понятие самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) подразумевает процесс реализации экзотермической реакции в смесях химических элементов и соединений, в результате которого образуются ценные конденсированные продукты. Характерной особенностью является то, что в ходе процесса практически отсутствует газовыделение и образуются полностью конденсированные продукты.

В самораспространяющемся режиме осуществлен прямой синтез различных соединений, в том числе не относящихся к тугоплавким (гидриды, халькогениды, фосфиды, интерметаллиды). Появились разновидности СВС, сочетающие принцип проведения реакций в режиме горения с энергетическими и механическими воздействиями на процесс с использованием техники высоких давлений, глубоковакуумной термообработки, криогенного оборудования.

Таким образом, изучение химических и технологических аспектов СВС огнеупорных материалов важно не только с точки зрения научного прогресса, но и практического создания и обеспечения промышленности новыми огнеупорными материалами, а также активации процесса спекания и улучшения физико-химических свойств керамических материалов.

В связи с этим целью настоящей работы является исследование процессов спекания в реальной оксидной керамической системе с использованием элементов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

В качестве объекта исследования использована реальная керамическая система $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ в области кристаллизации кордиерита и муллита. Для активации спекания использован металлический алюминий, для которого характерна самопроизвольная сильноэкзотермическая реакция окисления с образованием оксида алюминия.

Основными задачами данной работы являются:

- исследование влияния металлического алюминия на процесс спекания и свойства керамических материалов;
- изучение влияния температуры спекания на свойства и структуру керамических материалов;
- определение оптимального количества минерализатора, способствующего спеканию при меньшем количестве расплава;
- разработка рекомендаций по получению технической муллито-кордиеритовой керамики с пониженной температурой синтеза.

В ходе выполнения данной исследовательской работы были изготовлены опытные образцы исходной муллито-кордиеритовой керамики, а также активированной металлическим алюминием, который вводился в состав массы в количестве 5, 7,5 и 10 %. Образцы в виде цилиндров и балочек получены методом полусухого прессования при давлении 25–30 МПа и обожжены при температурах 1100, 1200 и 1300 °С в электрической печи с выдержкой при максимальной температуре 1 ч, скорость подъема температуры в процессе обжига – 200–250 °С/ч.

Все образцы имеют плотную тонкозернистую структуру и правильную недеформированную геометрическую форму.

Были изучены физико-химические характеристики полученных образцов: плотность, пористость, водопоглощение, механическая прочность, температурный коэффициент линейного расширения, а также текстура, микроструктура и фазовый состав образцов.

Кажущаяся плотность образцов изменялась от 2249 до 2392 кг/м³, причем прослеживалась тенденция возрастания плотности от увеличения содержания металлического алюминия и температуры обжига. При

этом водопоглощение изменялось в пределах от 9,1 до 5,7 %, что можно объяснить уменьшением открытой пористости за счет улучшения спекания образцов. Этому способствует ряд факторов. Наряду с появлением расплава и развитием жидкофазного механизма переноса вещества при введении алюминия возникает процесс СВС, выделение дополнительной энергии способствует активации вязкого течения жидкости. Образование при этом Al способствует не только снижению пористости, но и повышению механической прочности спекаемого материала. ТКЛР образцов (при 400 °С) изменялся от $7,1 \cdot 10^{-7}$ К-1 до $2,5 \cdot 10^{-7}$ К-1. С повышением температуры обжига наблюдалось уменьшение значений ТКЛР, что обусловлено изменением фазового состава материала и выделением малорасширяющихся фаз. Механическая прочность при сжатии возрастала от 350 до 515 МПа с увеличением содержания металлического алюминия в массах и увеличением температуры обжига.

Оптимизация результатов исследования позволила сделать вывод о том, что наиболее оптимальным является состав массы, обожженный при температуре 1300 °С и содержащий 10 % металлического алюминия. Образцы данного состава имеют наименьшее водопоглощение (5,7 %), наибольшую кажущуюся плотность (2392 кг/м^3), наименьшую открытую пористость (12,8 %), минимальные значения ТКЛР ($2,5 \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$) и наибольшую механическую прочность (515 МПа). Повышенные термомеханические характеристики материалов обусловлены как активацией процесса спекания при введении металлического алюминия, так и выделением фазы корунда дополнительно к муллито-кордиеритовой матрице. Полученные материалы рекомендуется использовать в качестве огнеприпаса и футеровки печей обжига.

УДК 666.266

Синтез ситаллов с использованием отходов гальванических производств

Студентка гр. 8 Кухта М.А.

Научный руководитель – Кравчук А.П.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Стеклокристаллические материалы благодаря своим высоким механическим, термическим и диэлектрическим свойствам, которые обеспечиваются различным фазовым составом, находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности. Особый интерес представляют ситаллы полученные с использованием недефицитного, недорогого сырья – отходов промышленного производства.

В этом случае наиболее целесообразным является получение пироксеновой фазы в качестве ведущей, поскольку в результате широкого изоморфизма пироксенов получаемый ситалл будет иметь мономинеральный состав, что и обеспечит ему высокие химическую стойкость и механические свойства.

Целью исследований являлось изучение возможности получения пироксеновых ситаллов с использованием отходов гальванического производства.

Анализ усреднённого химического состава гальваношлама, приведенного в таблице 1 показывает, что для формирования пироксеновой фазы (эгирина $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) в нём содержится недостаточное количество Na_2O и SiO_2 . Поэтому в составы стёкол вводился Na_2O в количестве 6,5–14,0 мас.% и SiO_2 – 49,0–56,0 мас.%.

Таблица 1 – Химический состав гальваношлама, мас.%

Оксид	SiO_2	Al_2O_3	ZnO	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	MnO	Cr_2O_3
Содержание, мас.%	1,64	0,26	21,3	58,54	2,65	4,54	2,7	3,02	0,02	0,27	4,88

В качестве технологической добавки позволяющей улучшить варочные и выработочные свойства стёкол использовали MgO и CaO в количестве 7,1 и 10 мас.% соответственно. Синтез стёкол проводился в фарфоровых тиглях при температуре 1450 °С.

Изучение устойчивости стеклообразного состояния методом градиентной кристаллизации показало, что синтезированные стёкла в интервале температур 650–1000 °С кристаллизуются с образованием тонкодисперсной ситалловой структуры, т.е. обладают высокой кристаллизационной способностью.

Согласно данным полученным в ходе изучения кристаллизационной способности синтезированные стёкла были подвергнуты термообработке по следующему режиму: 1) нагрев до 650 °С и выдержки 30 мин; 2) нагрев до 850 °С (выдержка 1 час); 3) инерционное охлаждение в печи.

Рентгенофазовый анализ термообработанных стёкол показал, что основными кристаллическими фазами в них являются диопсид ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), геденбергит ($\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) и эгирина ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$).

Микротвёрдость закристаллизованных стёкол изменялась в пределах от 8070 до 8890 МПа. Наибольшей микротвёрдостью характеризовались, закристаллизованные стёкла, содержащие Na_2O в количестве 6,5 мас.%,

что обеспечивается образованием в этих стёклах максимального количества пироксеновой кристаллической фазы.

Исследование теплового расширения термообработанных стёкол показало, что их ТКЛР изменялся в интервале от 69 до $89 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Существенное влияние на величину ТКЛР закристаллизованных стекол оказывало введение Na_2O , как компонента, присутствующего в стеклофазе и обладающего высоким парциальным значением ТКЛР $395 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Таким образом, в ходе исследований установлено, что отходы гальванического производства могут использоваться для получения пироксеновых ситаллов, характеризующихся высокими физико-химическими свойствами (микротвёрдость 8070–8890 МПа, ТКЛР $69\text{--}89 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$).

УДК 666.762

О возможности использования каолинов Республики Беоарусь для получения керамических изделий различного назначения

Студентка гр. 9. Комисарук Е.С., Козловская Е.В.

Научный руководитель – Дятлова Е.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В настоящее время в связи с импортозамещением сырьевых материалов в керамической промышленности значительный интерес вызывает возможность использования местного каолинового сырья. В связи с этим возникла необходимость в детальном исследовании месторождений глинистого сырья и каолинов, условий их образования, определить зависимость технологических свойств сырья от химического, минералогического и гранулометрического состава, от условий их залегания. Решение этих вопросов позволит разработать оптимальные составы для получения конкурентоспособных керамических изделий различного назначения.

Одним из перспективных сырьевых материалов, представляющих интерес для получения строительной и технической керамики является каолин «Ситница» Брестской области Республики Беларусь, запасы которого превышают 6 млн. тонн. Химический состав каолина характеризуется содержанием оксидов, мас. %: Al_2O_3 – 29,7; SiO_2 – 54,12; $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2)$ – 2,27; $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ – 2,23; $(\text{CaO}+\text{MgO})$ – 0,91. По количеству Al_2O_3 каолин «Ситница» можно отнести к полукислородному сырью со средним содержанием красящих оксидов и незначительными карбонатными включениями. По содержанию тонкодисперсных фракций каолин оценивается как низкодисперсное сырье. Число пластичности каолина составляет 4–7, что позволяет его классифицировать как малопластичное глинистое сырье. Каолин характеризуется значительным содержанием кварцевых примесей, количество которых составляет 55–60 %.

Для улучшения свойств каолинов в керамической промышленности применяют различные виды обогащения: мокрое, сухое, методы физико-химического и биологического воздействия. В последние годы значительно возрос интерес к биологической обработке глинистого сырья с целью повышения его качественных характеристик.

В работе проведено исследование влияния биологической обработки препаратом силикатных бактерий *Bacillus thuringiensis* на технологические свойства каолина «Ситница». В результате проведенных исследований установлено, что после биологической обработки увеличивается количество тонкой фракции в каолине (0,001 мм и менее). Это свидетельствует о том, что силикатные бактерии в результате своей жизнедеятельности выделяют поверхностно активные вещества, участвующие в ионообменных процессах и способствующие диспергации глинистых частиц. Поскольку диспергация глинистых частиц сопровождается увеличением числа контактов в единице объема, то наблюдается повышение пластичности каолина с 7 до 13.

С использованием каолина «Ситница» были синтезированы алюмосиликатные керамические материалы технического назначения. Опытные составы масс содержат каолин «Ситница», тугоплавкую глину «Городное», алюмосиликатный шамот. Для получения спеченной керамики использовали дополнительно полевой шпат и кварцевый песок.

Образцы получали методом полусухого прессования (тугоплавкая керамика) и литья (техническая керамика). Были изучены свойства синтезированных материалов (механическая прочность, водопоглощение, термический коэффициент линейного расширения) и установлена их зависимость от состава и температуры спекания (1200, 1250 и 1300 °С). Исследованы их фазовый состав и структура.

Результаты исследования показали, что каолин «Ситница» может быть использован как основной компонент для получения керамики строительного назначения, шамотных огнеупоров и алюмосиликатной керамики технического назначения, в частности для варки стекол и других высокотемпературных процессов.

Студент гр. 8 Балабка Т.Н.
Научный руководитель – Терещенко И.М.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Стеклотара имеет ряд неоспоримых качественных преимуществ по сравнению с другими видами упаковки – прозрачность, химическая инертность, безвредность, возможность вторичного использования, утилизации отходов и широкий ассортимент.

В общем объеме производства стеклянной тары бесцветная тара имеет большое значение, так как в этом случае стекло выполняет одну из своих основных функций – прозрачность.

Решение вопроса обесцвечивания стеклотары является актуальным потому, что рынок непрерывно насыщается с MgO на CaO теклобутылкой, а потребитель предъявляет высокие требования к прозрачности и оттенкам стекла. Бесцветная стеклотара должна быть изготовлена из стекла высокого качества, лишь в этом случае продукция будет успешно реализована.

Прозрачность стекла ухудшается вследствие наличия f- и d-элементов присутствующих в сырьевых материалах виде оксидов Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO, TiO_2 , V_2O_5 . Наиболее распространенным окрашивающим соединениями являются оксиды железа, которые придают стеклу голубое и зеленовато-желтое окрашивание, в зависимости от степени окисления железа. С целью обесцвечивания стекла в состав шихты вводят Se и CoO. Это приводит к увеличению стоимости шихты и уменьшению пропускания в видимой области спектра. Необходимость к обесцвечиванию стекла отпадает при наличии в нем общего содержания оксидов железа менее чем 0,05 мас. %

Анализ отечественных составов тарных стекол показывает, что содержание оксидов железа в них достигает 0,08 – 0,09 мас. %, что значительно превышает европейские нормы.

В итоге отечественные предприятия не могут в полной мере реализовать свой технический и производственный потенциал.

При этом проблема содержания оксидов железа в тарных стеклах должна решаться параллельно с проблемой оптимизации состава стекла.

В настоящей работе исследовалась влияние замещения оксидов магния на оксид кальция, на технологические и эксплуатационные свойства стекол, а также на интенсивность их окраски.

Анализ химического состава отечественных сырьевых материалов используемого для тарных стекол, показал, что основным источником загрязнения стекла оксидами железа, являются доломит (в качестве которого применяется доломитовая мука из месторождения «Руба») и полевой шпат. Замена MgO на CaO, приводит к уменьшению содержания доломита и увеличению содержания в составе шихты мела, в качестве которого был использован химически осажденный нижегородский мел.

Было синтезировано 10 составов, в которых содержание CaO увеличивалось от 7,8 до 12,5 мас. %, при одновременном уменьшении содержания MgO от 4,7 до 0 мас. %. В итоге был получен ряд стекол с минимальным содержанием $Fe_2O_3 = 0,047$ мас. %, что соответствует требованиям евростандарта, такие стекла не имеют окраски вследствие чего не требуют обесцвечивания.

Были проведены исследования технологических и физико-химических свойств стекол, определено пропускание УФ-, видимого и ИК-излучения в образцах опытных стекол. Были проведены расчеты технологических индексов по технологии «Emhart» и величина индикаторного показателя основности $d^{Fe(II)}$ стекол.

На основе экспериментальных данных был определен оптимальный состав стекла, обладающий следующими технологическими и качественными параметрами: температура варки стекломассы – 1450 °C; температура формования стекла - 1060 °C; верхняя температура отжига изделий - 567 °C; нижняя температура отжига – 535 °C; химическая стойкость – 0,55%; температурный коэффициент линейного расширения, $K^{-1} - 91,36 \cdot 10^{-7}$; ширина интервала кристаллизации, °C - 115; RMS, % - 114,4; WR, °C - 452,2; WRI, °C - 172,6; DI – 12,6.

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что разработанные составы стекол пригодны для промышленного производства стеклотары.

Студентка гр. 8 Матилевич Ю.Л.
Научный руководитель – Терещенко И.М.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Требования потребителей к качеству листового стекла в последнее время значительно возросли. В связи с этим определяющими условиями получения высококачественных изделий стали оптимизация и строгое соблюдение технологического регламента на всех стадиях производства, учет технологических особенностей стекловарения и формования.

Немаловажное значение при производстве листового стекла имеет правильный выбор одного из основных факторов технологического процесса – химического состава стекла, обеспечивающего оптимальные значения технологических и эксплуатационных свойств стекол.

На основании анализа отечественных и зарубежных источников литературы сделаны выводы, отражающие основные направления усовершенствования составов листового стекла:

- снижение содержания оксидов железа в стекле за счет уменьшения количества вводимого доломита, являющегося достаточно засоренным оксидами железа сырьем, и, следовательно, оптимизация «доломитового» соотношения, а именно $\text{CaO}:\text{MgO}$;
- уменьшение расхода соды (наиболее дорогостоящего компонента шихты) за счет снижения содержания оксида натрия в составе стекла;
- повышение водостойкости за счет уменьшения содержания оксида натрия в составе стекла;
- использование составов, обогащенных оксидом кальция, является перспективным при сохранении неизменной температуры варки, что дает возможность увеличить удельные съемы и производительность печи за счет интенсификации процесса стекловарения, связанной со снижением вязкости расплава.

В целом технико-экономическое обоснование вышеуказанных направлений позволит повысить технико-экономические показатели производства листового стекла, а также улучшить качества и эксплуатационные свойства продукции.

Следует заметить, что на качество продукции существенно влияет и качество используемого сырья. Так, уровень содержания вредных примесей в отечественных сырьевых материалах значительно выше, чем в зарубежных. Отсутствие централизованной подготовки сырьевых материалов приводит к нестабильности влажности, гранулометрического состава сырья, не осуществляется подготовка вторичного стеклобоя. Обогащение сырья специализированными предприятиями и его полная подготовка к применению на месте добычи наиболее целесообразны, поскольку решаются вопросы охраны окружающей среды, экономятся трудовые и топливно-энергетические ресурсы, снижаются капитальные вложения при сооружении складов и составных цехов, улучшаются условия и падает стоимость доставки сырья к потребителю.

ОАО «Гомельстекло» является единственным предприятием-производителем флоат-стекла в Республике Беларусь и монополистом на внутреннем рынке. Основным конкурентным преимуществом ОАО «Гомельстекло» на внешних рынках является низкая цена по сравнению с основными производителями. Это обусловлено невысоким качеством продукции предприятия, что объясняется рядом причин. Одна из них связана с ориентацией предприятия на местные сырьевые материалы. Это касается, прежде всего, повышенного содержания в них оксидов железа. В особенности в карбонатных породах, используемых в производстве листового стекла – доломите и меле. В итоге содержание оксидов железа в стекле производства ОАО «Гомельстекло» варьирует в пределах 0,11–0,12 мас. %. Известно, что оксиды железа отрицательно влияют на основные характеристики листового стекла: светопропускание, химическую и термическую однородность стекломассы, снижают стабильность процесса стекловарения, что в итоге приводит к низкому выходу стекла высоких марок.

Целью работы являлось совершенствование химического состава листового стекла, которое включает оптимизацию соотношения CaO и MgO , а также соотношения SiO_2 и Al_2O_3 .

В ходе проведенных исследований было доказано, что снижение содержания MgO до 2 мас. % не приводит к заметному ухудшению эксплуатационных и технологических свойств листовых стекол (химической устойчивости и кристаллизационной способности), а, напротив, целесообразно с точки зрения улучшения варочных свойств, повышения скорости твердения расплава стекломассы, что приводит к возможности увеличения производительности флоат-установок и снижения затрат на варку стекла.

Результаты определения кристаллизационной способности стекол показали, что при замене MgO на CaO температурный интервал кристаллизации несколько расширяется, а безопасный интервал формования уменьшается в основном за счет снижения температуры формования. Однако современная технология получения листового стекла не предъявляет высоких требований к кристаллизационной способности стекол, поскольку применение надежных систем автоматического регулирования стекловарения, совершенных конст-

ружкий стекловаренных печей и больших скоростей выработки резко снижают риск зарухания стекла в процессе варки и выработки.

Отмечено некоторое ухудшение водостойкости опытных стекол, однако, гидrolитический класс остается таким же, как и для промышленного состава. Следует заметить, что некоторое снижение химической устойчивости листового стекла полностью компенсируется в условиях промышленного производства за счет термoхимической обработки его поверхности сернистым газом в шлаковой камере после выхода ленты стекла из ванны расплава.

Замена MgO на CaO заметно влияет на вязкость опытных стекол: при этом в высокотемпературной области вязкости с увеличением содержания оксида кальция (за счет уменьшения содержания оксида магния) все характеристические температуры снижаются, однако в области низкотемпературной вязкости (500–650 °C) значения характеристических температур заметно возрастают.

На основании комплексной оценки свойств опытных стекол с учетом расчетных значений технологических индексов по методике «Emhart», установлено, что содержание оксида магния в составах должно быть не менее 1,5 мас. % во избежание проблем с кристаллизацией расплавов в производственном процессе и выщелачиванием стекол при их эксплуатации.

Экспериментально доказано, что увеличение содержания Fe^{2+} приводит к росту ТКЛР и плотности опытных стекол. Увеличивается также и величина светопропускания в связи со снижением общего содержания оксидов железа в составе стекла (на 25 %).

Результаты оценки ОВП стекломассы с помощью индикаторного показателя основности и коэффициента основности позволяют сделать вывод, что замена оксида MgO на CaO приводит к увеличению восстановительного потенциала стекломассы за счет возрастания доли восстановленной формы железа над окисленной, что следует учитывать при варке опытных стекол, компенсируя рост $\text{d}^{\text{Fe}^{2+}}$ увеличением соотношения воздух-газ.

Таким образом, разработанные составы стекол могут быть использованы в промышленности.

УДК 666.21

Разработка составов бесвинцового хрустала

Студентка гр.8 Гайкова С.В.

Научный руководитель – Терещенко И.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Производство сортовых стёкол, и в особенности хрустала, связано с негативным воздействием на окружающую среду и условия труда. В последнее время, однако, законодательством резко снижены нормы вредных выбросов в атмосферу, загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны, а также нормы по утилизации и правильному размещению отходов производства. Повышены требования по обеспечению безопасности условий труда на предприятиях отрасли.

Основной экологической проблемой при производстве хрустальных изделий, а также при их обработке и декорировании является использование, а также выделение соединений свинца в атмосферу, что отрицательно сказывается на экологии и здоровье работающих.

Как известно, соединения свинца относятся к веществам 1 класса опасности (чрезвычайно опасные); он накапливается в органах и тканях человека, в растениях.

Исследования показали, что свинец, находящийся в связанном состоянии (аэрозоль при шлифовке стекла, аэрозоль фритты, аэрозоль, выделяющийся при декорировании стёкол), также опасен для работающих, так как при их обследовании находили некоторые признаки свинцовой интоксикации (ретикулоцитоз). Поэтому при обработке стёкол, декорировании, обработке и использовании свинецсодержащей фритты должны быть внедрены передовые технологии, совершенное оборудование, а также санитарно – технические устройства.

Более сложная проблема – сокращение выброса свинцовых соединений при варке хрустала. В этом случае величина выделения и выброса зависит от количества свинцовых соединений в шихте, производительности печей, объёма отходящих газов, длины дымовых каналов, типа печей.

Таким образом, важнейшей проблемой производства сортовых стёкол и хрустала является сокращение выбросов в атмосферу веществ 1 класса опасности и прежде всего свинцовых соединений. Это обстоятельство является стимулом для синтеза новых составов сортовых стёкол с низким содержанием оксида свинца, либо вовсе бесвинцовых, однако близких к хрусталу по свойствам и себестоимости конечного продукта.

В данной работе предпринята попытка замены оксида свинца в составе хрусталя на следующие оксиды BaO, ZnO, CaO и K₂O, вводимые по отдельности и в совокупности в шихту.

В качестве базового состава для синтеза бессвинцовых хрустальных стекол был выбран состав, масс. %: SiO₂ – 72; PbO – 6; CaO – 4,4; Na₂O + K₂O – (7 + 11); B₂O₃ – 1; R₂O₃ + SO₃ – 0,54. На его основе смоделированы экспериментальные составы, содержащие до 18 мас. % CaO и до 10 мас. % BaO, до 4 мас. % ZnO и до 11 мас. % K₂O.

В качестве химических обесцвечивателей использовали As₂O₃ + Na₂SO₄ до 0,4 – 0,6 %. Для создания окислительных условий и снижения интенсивности оттенков, придаваемые оксидами Fe, в состав вводилась селитра, а также до 0,2 мас. % CeO₂ и до 0,3 Sb₂O₃.

В газовой лабораторной стекловаренной печи была проведена варка всех смоделированных составов в тиглях массой 300 г. Всего было синтезировано 22 состава стёкол. Варка производилась при температурах 14500С. Время выдержки при данной температуре – 1ч.

Формование стекол производили после достижения однородности стекломассы путем отливки в формы (формование штабиков) и на металлическую плиту (формование пластин). Для снятия внутренних напряжений, после выработки, стекла проходили отжиг в электрической муфельной печи.

Для опытных составов был определен ряд свойств, уровень которых сопоставлялся с промышленным составом хрусталя, используемого на Борисовском хрустальном заводе, который варился в тех же условиях, что и опытные составы. Определялись следующие свойства синтезируемых стёкол: кристаллизационная способность, плотность, ТКЛР, температура начала размягчения, химическая устойчивость, микротвёрдость и оптические показатели.

Отмечено, введение BaO в значительной степени подавляет кристаллизационную способность стекла и положительно влияет на величину показателя преломления.

CaO в определённой степени действует как плавень, снижая высокотемпературную варку, одновременно снижается и низкотемпературная вязкость.

Аналогично влияет BaO, однако его действие выражено в меньшей степени.

По химической устойчивости все синтезируемые стёкла относятся к третьему гидролитическому классу (потеря массы составила от 0,3 - 0,5 %).

Определена область составов, обладающих пониженными значениями микротвёрдости, в интервале 3690 – 3810 МПа, что существенно облегчает их механическую обработку (гранение, нанесение резьбы). Следует отметить, что составы опытных стёкол в данной области имеют пологую зависимость вязкости от температуры («длинные»), что позволяет формовать изделия как методами машинной, так и ручной выработки.

Величина ТКЛР отличается от промышленного состава в сторону меньших значений: у хрусталя она составляет $120 \cdot 10^{-7}$, для опытных составов варьирует в интервале $\alpha = 89,9 - 98,4 \cdot 10^{-7}$.

В итоге на данном этапе получены высокотехнологичные хрустальные стёкла с высокой степенью белизны и прозрачности (98 %). Эти два требования являются основными и обязательными для хрустальных стекол. Однако величина показателя преломления полученных составов ограничено значением 1,53. В настоящее время предпринимаются попытки синтеза с большими значениями показателя преломления при сохранении уровня остальных достигнутых показателей свойств.

УДК 543.4

Оптимизация условий проведения спектрофотометрического анализа бинарных смесей методом Фирордта

Студентка 6 гр. 3 к. ф-та ТОВ Малчанская М.А.
Научные руководители – Радион Е.В., Болвако А.К.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Фотометрические и спектрофотометрические методы анализа применяются для определения многих металлов, неметаллов, органических соединений, при контроле загрязнений окружающей среды, а также для анализа многокомпонентных систем без предварительного химического разделения. Метод характеризуется высокой чувствительностью, невысокой погрешностью и относительной простотой аппаратного оформления.

Одним из наиболее важных параметров, влияющих на точность анализа с использованием данного метода, является правильный выбор условий фотометрического анализа, в частности, длина волны, при которой осуществляется определение. При анализе двух- и многокомпонентных смесей выбор оптимальной длины волны значительно усложняется.

Цель работы – оптимизация условий спектрофотометрического определения хрома (VI) и марганца (VII) при совместном присутствии в серноокислом растворе. Выбор длины волны осуществлялся на основании анализа спектров поглощения. Длина волны выбиралась по зависимости оптической плотности от длины волны, на основании дифференцирования спектров поглощения анализируемых компонентов и с использованием расчетных критериев. Определение концентрации производился по уравнениям Фирордта.

Определение осуществлялось с использованием спектрофотометра СФ-46 в диапазоне длин волн 350-650 нм в кювете с шириной поглощающего слоя 1 см. Для приготовления всех растворов использовались реактивы квалификации «х.ч.» и «ч.д.а.» и дистиллированная вода.

Так как спектры исследуемой смеси перекрываются практически на всем изучаемом участке длин волн, то можно выбрать λ_1 и λ_2 в области максимального поглощения $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ и MnO_4^- . Для $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ эта длина волны (λ_1) будет находиться в области 430 нм, где на спектре наблюдается ложный максимум в виде плеча. При этом λ_1 выбирают на середине плеча. Для MnO_4^- в области 550 нм наблюдаются два максимума поглощения, для анализа используют один из них (λ_2).

С целью оптимизации выбора рабочих длин волн можно воспользоваться следующим подходом. Точность определения концентраций двух веществ C_1 и C_2 тем выше, чем больше разность

$$\frac{\varepsilon_1^{\lambda_1}}{\varepsilon_2^{\lambda_1}} - \frac{\varepsilon_1^{\lambda_2}}{\varepsilon_2^{\lambda_2}} \text{ или } \frac{\varepsilon_2^{\lambda_2}}{\varepsilon_1^{\lambda_2}} - \frac{\varepsilon_2^{\lambda_1}}{\varepsilon_1^{\lambda_1}}.$$

Для нахождения оптимальных рабочих длин волн, отвечающих этому условию, строят кривую в системе координат $\varepsilon_1^\lambda / \varepsilon_2^\lambda = f(\lambda)$. Длины волн в максимуме и минимуме этой кривой отвечают наибольшей разности и, следовательно, их можно использовать в качестве рабочих.

При неполном перекрывании спектров компонентов эта кривая не имеет экстремумов. В этом случае в качестве рабочих используют длины волн, соответствующие максимальным по абсолютной величине значениям разностей $\varepsilon_1^{\lambda_1} - \varepsilon_2^{\lambda_1}$ или $\varepsilon_2^{\lambda_2} - \varepsilon_1^{\lambda_2}$. Кривую строят в координатах $\varepsilon_1^\lambda - \varepsilon_2^\lambda = f(\lambda)$ и находят экстремумы. В дифференциальном методе строится зависимость скорости изменения оптической плотности (коэффициента поглощения) от длины волны.

На основании спектрофотометрического определения концентрации хрома и марганца в анализируемом растворе при длинах волн, выбранных на основании указанных методов, были оценены величины относительной погрешности определения и предложены оптимальные условия проведения анализа.

УДК 543.25

Оптимизация условий инверсионно-вольтамперометрического определения микроколичеств Zn, Pb и Cd при совместном присутствии

Студентка 5 гр. 2 к. ф-та ТОВ Плигина А.А.

Научный руководитель – Болвако А.К.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Для определения микроколичеств ионов тяжелых металлов (ИТМ) и ряда других соединений в природных и сточных водах, в технологических средах, при контроле качества пищевой продукции широкое распространение получил метод инверсионной вольтамперометрии (ИВА). Метод ИВА характеризуется низкими (до 10^{-10} моль/дм³) пределами обнаружения, достаточно высокой селективностью и хорошими метрологическими характеристиками, а предварительное электрохимическое концентрирование определяемых веществ на рабочем электроде позволяет в значительной степени повысить отношение сигнал/шум при определении. Легкость компьютеризации и невысокая стоимость оборудования делает ИВА весьма перспективным методом для аналитических определений ИТМ по сравнению с другими методами.

Для всех электрохимических методов анализа, в т.ч. ИВА, особое значение имеют особенности процессов разряда-ионизации, происходящие на индикаторном электроде, подготовка электродов и режимы поляризации, а также в целом условия проведения измерений. Высокая точность и воспроизводимость результатов анализа может быть достигнута только при соблюдении оптимальных условий определения.

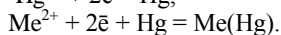
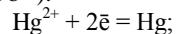
Цель работы – оптимизация режимов определения ИТМ (цинка, свинца и кадмия) при совместном присутствии методом переменноточковой квадратно-волновой ИВА. Планирование эксперимента осуществлялось с использованием некомпозиционного трехфакторного плана второго порядка Бокса-Бенкина. Варьируемые параметры – амплитуда налагаемого переменного напряжения, время накопления и частота вращения рабочего электрода. Критерий оптимизации – минимизация относительной погрешности определения ИТМ в пробе.

Определение ИТМ осуществлялось методом добавок с использованием полярографа ПУ-1 с электрохимическим датчиком ЕМ-04, аналого-цифрового преобразователя и комплекта программного обеспечения Unichrom. Рабочий электрод – стеклогуглерод с площадью поверхности 6 мм², вспомогательный электрод – стеклогуглеродный стаканчик, электрод сравнения – хлорсеребряный.

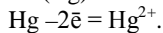
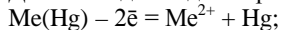
Для приготовления рабочих растворов использовались реактивы квалификации «х.ч.» и «ч.д.а.» и дистиллированная вода. Температура – комнатная. Для формирования ртутно-графитового электрода *in situ*, создания кислой среды и подавления миграционного тока использовался фоновый раствор на основе KCl, HCl и Hg(NO₃)₂.

Каждое измерение состояло из четырех стадий: накопления, успокоения, регистрации аналитического сигнала и регенерации электрода с использованием анодной линейной развертки потенциала. Время накопления варьировалось в интервале 50-100 с, амплитуда переменного напряжения – от 20 до 40 мВ и скорость вращения индикаторного электрода – от 500 до 1500 об/мин при скорости развертки потенциала 40 мВ/с. Каждое измерение включало 3 последовательных цикла. Для расчетов использовались значения высоты пика и площади под вольтамперной кривой, полученные как средний результат из трех параллельных измерений.

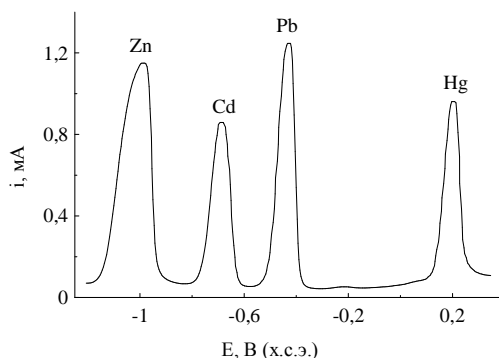
Электроосаждение определяемых ионов и ртути на катоде на стадии электронакопления проводится одновременно, при этом образуются амальгамы соответствующих металлов (где Me²⁺ соответствует Zn²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺):



Далее в ходе анодного растворения протекают обратные реакции:



Типичный вид вольтамперной кривой, получаемой на стадии регистрации, приведен на рисунке. В области потенциалов от –0,5 В до –1 В (х.с.э.) происходит активное растворение металлов из их амальгам, и на вольтамперной кривой регистрируется пики, площадь (или высота) которых прямо пропорциональна концентрации металла в амальгаме, и соответственно, в анализируемом растворе. При более положительных потенциалах протекает окисление ртути и очистка индикаторного электрода – стадия регенерации. При этом высота пика в методе ИВА зависит от значительно большего числа факторов, чем в прямой вольтамперометрии постоянного тока.



На основании анализа регрессионной модели, описывающей влияние параметров проведения ИВА определения, на величину относительной погрешности определения в наиболее сильной степени оказывает влияние продолжительность стадии электронакопления и величина амплитуды налагаемого переменного напряжения при развертке потенциала. При этом можно выделить как линейную зависимость, так и зависимость второго порядка, а также влияние на величину относительной погрешности определения комбинации этих факторов. Гидродинамические условия проведения стадии электронакопления вносят несколько меньший вклад в величину погрешности определения.

Увеличение времени накопления с 50 с до 75 с при постоянной скорости вращения электрода и амплитуде переменного напряжения приводит к снижению погрешности определения всех элементов. Это может быть связано с более полным восстановлением разряжающихся ионов на поверхности электрода. Увеличение амплитуды переменного напряжения с 20 до 40 мВ при прочих равных условиях вызывает рост погрешности определения цинка и кадмия и незначительное снижение погрешности определения свинца при использовании в качестве величины аналитического сигнала как площади под вольтамперной кривой, так и величины пика тока. Возможно, увеличение амплитуды приводит к перераспределению парциальных токов между сопротивлением двойного электрического слоя, фарадеевским импедансом и омическим сопротивлением электролита (пропорционально значениям этих сопротивлений), вызывая появление пере-

менной составляющей тока электрохимической реакции, что снижает выход по току целевой реакции концентрирования или растворения металла.

Изменение скорости вращения электрода вызывало некоторое изменение точности определения, что может быть обусловлено изменением условий диффузии электроактивных компонентов к индикаторному электроду.

Величина относительной погрешности определения компонентов при всех режимах как правило не превышала 50%, что является достаточно хорошим показателем при определении микроконцентраций. В то же время были подобраны условия определения, позволяющие снизить относительную погрешность до 5-20% за счет использования оптимальных условий концентрирования определяемых компонентов на индикаторном электроде и выборе параметров проведения стадии регистрации.

УДК 541.3

Электрохимическая деструкция азокрасителей на анодах на основе диоксида свинца

Студентки 6 гр. 3 к. ф-та ТОВ Жукова О.В., Раткевич Ю.В.
Научный руководитель – Болвако А.К.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Анодные электродные материалы на основе PbO_2 нашли широкое применение для процессов электрохимического синтеза окислителей, озона, очистки сточных вод от токсичных примесей и др. Основными достоинствами таких электродов является значительная коррозионная устойчивость, в т.ч. в агрессивных средах, высокие электрокаталитические свойства и простота изготовления. Применение электрохимической анодной обработки для процессов очистки сточных вод от токсичных примесей позволяет осуществлять эффективное разрушение соединений, удаление которых другими методами затруднено или невозможно.

Целью настоящей работы являлось изучение процесса электрохимической деструкции органического красителя 9-(2-карбоксифенил)-6-(диэтиламино)-3Н-ксантен-3-илидена (далее – *K*) в серноокислой среде с использованием анодов на основе диоксида свинца.

PbO_2 -электроды электрохимически синтезировались на графитовой подложке аналогично [1]. Разложение *K* проводилось в электрохимической ячейке при непрерывном перемешивании с помощью магнитной мешалки при комнатной температуре. Анодом являлся PbO_2 , катодом – никель. Анодная плотность тока изменялась в диапазоне 0,5-10 А/дм². Объемная плотность тока не превышала 1 А/дм³. Для получения спектров поглощения использовался фотоколориметр КФК-3-01. Поляризационные измерения проводились на потенциостате ПИ 50-1 в комплекте с программатором ПР-8.

На основе анализа анодных потенциостатических поляризационных кривых PbO_2 установлено, что введение *K* в раствор серной кислоты с концентрацией 0,05-0,5 моль/дм³ приводит к смещению поляризационной кривой в область менее электроположительных потенциалов и возрастанию суммарной скорости анодного процесса. Это может быть обусловлено деполяризацией анода и свидетельствует о возможности анодного разложения *K* в кислой среде.

Для количественного определения *K* была разработана методика его спектрофотометрического определения. Для этого был получен спектр поглощения в диапазоне длин волн 400–600 нм, по которому установлено, что максимум поглощения наблюдается при длине волны 570 нм. Калибровочная зависимость, полученная при этой длине волны, линеаризуется в диапазоне концентраций $5 \cdot 10^{-7}$ – $1,5 \cdot 10^{-5}$ с величиной среднеквадратичного отклонения около 0,99.

Установлено, что эффективность электрохимического окисления *K* значительно возрастает с ростом плотности тока. При увеличении плотности тока от 0,5 А/дм² до 1 А/дм² скорость анодной деструкции *K* увеличивается более чем в 3 раза. Дальнейшее увеличение плотности тока вызывает возрастание скорости анодного процесса в несколько меньшей степени. На скорость анодного процесса значительное влияние оказывает концентрация фоновой электролита. Увеличение концентрации серной кислоты повышает интенсивность анодного разложения, что может быть обусловлено повышением выхода по току озона. Так, увеличение концентрации серной кислоты от 0,1 моль/дм³ до 0,5 моль/дм³ вызывает увеличение скорости анодного окисления более чем в 2 раза практически во всем изученном диапазоне плотностей тока.

На основании полученных данных определены условия проведения электрохимической обработки, при которых процесс разложения красителя протекает с наибольшей эффективностью.

Литература

Получение PbO_2 - SnO_2 анодов и их применение для электрохимического синтеза озона / Болвако А.К., Черник А.А., Жарский И.М. // Свиридовские чтения. Сборник статей – 2008. – Вып. 4. – С. 199-204.

УДК 544.654.2:546.56

Электрохимическое осаждение меди на сталь

Студентка 11 гр. V к., ф-та ХТиГ Литвинович-Дмитриева М.В.
Научный руководитель – Черник А.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Эксплуатация изделий из стали часто невозможна без нанесения различных функциональных покрытий. Для придания поверхности определенного внешнего вида и обеспечения адгезии фрикционных композиций со стальной основой дисков сцепления автотракторной техники используют электрохимически осажденные медные покрытия.

В гальванической паре медь—железо медь, как более электроположительный металл, является катодом по отношению к железу, электрохимически не защищает железо от коррозии и легко вытесняется в виде меди из ее солей металлическим железом. Поэтому с целью недопущения цементации применяют различные комплексные электролиты.

Из нецианистых электролитов чаще применяют пирофосфатные и этилендиаминовые электролиты, в которых можно непосредственно меднить стальные детали и детали из цинкового сплава. У пирофосфатных электролитов меньшая рассеивающая способность, чем у цианистых, но они нетоксичны, дают плотные светлые мелкокристаллические осадки, устойчивы в эксплуатации. Из этилендиаминовых электролитов осаждаются плотные, мелкозернистые и блестящие осадки.

Цель работы заключалась в установлении оптимальных условий осаждения медных покрытий при использовании различных электролитов, а также определение путей улучшения качества этих покрытий при использовании импульсного электролиза.

В работе использовали два электролита меднения следующего состава.

Электролит №1, г/л: этилендиамин 50-70, медный купорос 90-115, аммоний сернокислый 50-70, сульфат натрия 50-80. Электролит №2, г/л: медный купорос 30-50, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 120-180, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ г/л.

Все электрохимические измерения проводились в трехэлектродной ячейке, включающей медный вспомогательный электрод, хлоридсеребряный электрод сравнения и рабочий электрод. Циклические поляризационные кривые записывали в потенциодинамическом режиме, используя потенциометр ИРС-Про М при различных скоростях развертки 20, 50, 100, 200 мВ/с.

По следует из рисунка 1 катодная поляризация уменьшается при замене медного электрода на стальной в электролите № 1 в начальной области поляризационной кривой и практически не изменяется в электролите №2. Это указывает на возможную цементацию меди на стальном электроде в начальный период времени в электролите №1. Поэтому в данном электролите необходимо как можно держать заготовки без включения токовой нагрузки.

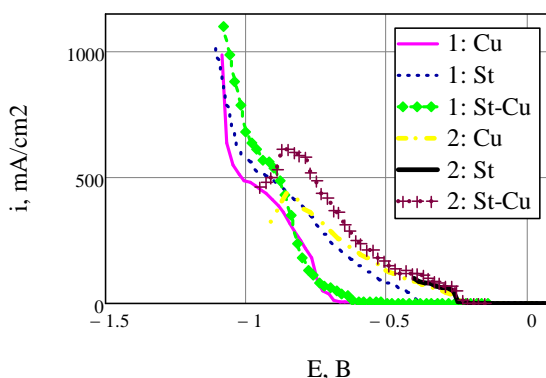


Рисунок 1 – потенциостатические катодные и анодные кривые (соответственно) на медном, стальном электродах в электролитах № 1 и № 2.

С целью определения рабочего интервала плотностей тока был проведен электролиз в ячейке Хулла.

Таблица 1 – Результат осаждения покрытия в ячейке Хулла

Электролит	Расстояние ближнего катода, мм	Плотность тока i , А/дм ²	Вид покрытия
1	10-45	5,1-1,5	Светло-коричневое, неблестящее, наличие подгара
	45-80	1,5-0,4	Блестящее, равномерное
2	10-20	5,1-3,5	Темно-коричневое, наличие подгара
	20-60	3,5-1,0	Светло-коричневое
	60-80	1,0-0,4	Блестящее, равномерное

Как следует из таблицы 1 интервал рабочих плотностей тока для электролита №1 0,4 - 1,5 А/дм²; - для электролита №2 0,4 - 1,0 А/дм². В данных интервалах плотностей тока выход по току меди составил 85 – 100 и 68 – 91% соответственно для электролита №1 и №2.

Результаты применения импульсного электролиза для осаждения медных покрытий представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры осаждения меди в условиях импульсного электролиза

	Электролит	Сила тока I, А	Время паузы t , с				
			0,05	0,1	0,2	0,5	1,0
Вт, %	1	2	89,9	94,0	85,0	90,6	91,8
	2	1	97,0	94,7	99,0	97,4	97,5

Установлено, что применение импульсного тока существенно увеличивает выход по току медного покрытия в обоих электролитах. Кроме того, внешний вид покрытия также улучшался. Во всех случаях покрытия получались мелкозернистые, блестящие, хорошо сцепленные с основой.

Таким образом, в результате проведенной работы были изучены состав, свойства и рабочие интервалы плотностей тока электролитов меднения. Для получения хорошего покрытия необходима тщательная предварительная подготовка и для предотвращения цементации в электролите №1 электроды загружать под током.

В ходе работы электролита №1 необходимо поддерживать pH = 8-9 и проводить постоянное перемешивание для обеспечения хорошего качества покрытия.

Использование импульсного тока позволяет получать наименее пористые покрытия, а также управлять их функциональными свойствами.

УДК 661.183.6 + 676.16

Разработка состава и способа получения композиционного наполнителя на основе кремнегеля и фосфогипса для бумаги и картона

Студент 5 к. 6 гр. Факультета ХТГ Слабко Е.Н.

Научный руководитель – Ещенко Л.С.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

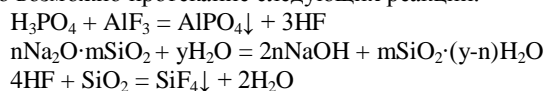
Одной из важнейших стадий производства бумаги и картона является наполнение бумажной массы [1]. Под наполнением понимают введение в композицию бумаги минеральных веществ – наполнителей для улучшения ее качества и экономических показателей. Посредством этого достигаются следующие цели: снижается себестоимость производства бумаги, так как стоимость наполнителя ниже стоимости волокон, которые заменяются наполнителем; повышается белизна бумаги, поскольку почти все наполнители имеют более высокую степень белизны, чем волокна; существенно увеличивается гладкость поверхности бумаги за счет заполнения частичками наполнителя пор и неровностей между волокнами на шероховатой поверхности листа; уменьшается непрозрачность бумаги, что дает возможность писать и печатать с обеих сторон листа; улучшается равномерность просвета; увеличивается мягкость и пластичность; снижается объемная масса, пористость и, следовательно, впитываемость типографских красок.

Наиболее часто используемыми наполнителями являются каолин, карбонат кальция, диоксид титана и тальк. В некоторых случаях используют диоксид кремния, гидроксид алюминия, сульфат бария и кальция. Однако в мировой практике в последнее время одним из главных направлений является разработка композиционных наполнителей, в состав которых входят несколько вышеуказанных соединений.

В Республике Беларусь при производстве бумаги и картона в основном используют каолин и карбонат кальция. Данные материалы экспортируют в страну из других стран, что увеличивает себестоимость готовой продукции. В то же время имеется возможность применения вторичного сырья для производства

наполнителей бумажных масс. В качестве такого сырья интерес представляют кремнегель и фосфогипс – отходы, которые образуются в производственном цикле на ОАО «Гомельский химический завод». Кремнегель является рентгеноаморфным соединением, содержащим % мас.: SiO₂ – 35,9, H₂O – 61,0 и 2,7 – AlF₃ в виде раствора, адсорбированного на поверхности SiO₂. Частицы кремнегеля образуют агломераты различной формы с размером 4 – 8 мкм. Фосфогипс представляет собой дигидрат сульфата кальция в виде пластинчатых кристаллов шириной 10 – 30 мкм и длиной 40 – 80 мкм. Фосфогипс содержит % мас.: CaO – 27,3, SO₃ – 40,3, H₂O – 29,9, P₂O₅ – 0,4 и 0,1 – F.

Целью данной работы является разработка состава и способа получения композиционного наполнителя на основе кремнегеля и фосфогипса. Использование вторичного сырья обусловлено его низкой стоимостью и сравнительно высоким качеством. Для устранения примесей в виде водорастворимых соединений фтора и фосфора в состав наполнителя вводили жидкое стекло. В системе кремнегель – фосфогипс – жидкое стекло возможно протекание следующих реакций:



В результате химических превращений соединения фтора и фосфора переходят в нерастворимую форму, вследствие этого уменьшается их содержание в жидкой фазе, и соответственно в сточных водах.

Наполнитель получали периодическим способом. Для оптимизации состава наполнителя, содержащего кремнегель и фосфогипс, использовали метод математического планирования. Были выбраны следующие входные переменные параметры: соотношение между содержанием кремнегеля и фосфогипса (x_1), содержание сухого вещества в суспензии (x_2) и значение pH суспензии (x_3). Согласно матрице планирования фосфогипс и кремнегель в заданных количествах смешивали в реакторе с водой до требуемой массовой доли сухих веществ. Далее при интенсивном перемешивании суспензию выдерживали в течение 15 минут и медленно добавляли жидкое стекло до заданного значения pH.

В качестве выходного показателя использовали объем осадка при отстаивании суспензии в цилиндре объемом 25мл в течение 1 часа. По объему осадка можно определить устойчивость суспензии и косвенно оценить размер частиц осадка. Чем меньше частицы осадка, тем медленнее они оседают и, следовательно, осадок занимает больший объем. Известно [2], что с уменьшением размера частиц увеличивается степень удержания наполнителя и равномерность распределения частиц по поверхности волокна в бумажной массе. Кроме того уменьшение скорости оседания частиц твердой фазы суспензии позволяет снизить энергозатраты на ее приготовление и транспортировку, а также уменьшить отложение твердой фазы в трубопроводах.

Для упрощения регрессионного анализа объема осадка при отстаивании суспензии в цилиндре 25 мл в течение 1 часа ($V_{ос}$) переводили в объемную долю осадка в суспензии (y) по формуле

$$y = \frac{V_{ос}}{25} \cdot 100\%.$$

Согласно матрице планирования был проведен регрессионный анализ данных и получено уравнение зависимости объемной доли осадка (y) от соотношения между фосфогипсом и кремнегелем (x_1), и значения pH суспензии (x_3) при постоянной массовой доле сухого вещества (x_2):

$$y = 0,6675 + 0,0023 \cdot x_1 - 0,0842 \cdot x_3 - 0,0001 \cdot x_1^2 + 0,0069 \cdot x_3^2 + 0,0003 \cdot x_1 \cdot x_3;$$

Исходя из уравнения регрессии, максимальная объемная доля осадка наблюдается при следующих параметрах: содержание фосфогипса в смеси с кремнегелем, $x_1 = 15$ % мас., значение pH суспензии $x_2 = 9,0$.

Получен наполнитель с содержанием фосфогипса в смеси с кремнегелем, $x_1 = 15$ % масс., и значением pH суспензии $x_2 = 9,0$. На основе данного наполнителя, а также мела и каолина были изготовлены опытные образцы бумаги. Качественные показатели полученных образцов бумаги с указанными наполнителями находятся приблизительно на одинаковом уровне. Следует отметить, что степень удержания и белизна бумаги при использовании композиционного наполнителя выше, чем при использовании наполнителей на основе мела и каолина. Исходя из этого, можно сделать вывод, что наполнитель, полученный в системе кремнегель – фосфогипс – жидкое стекло может быть использован для наполнения бумаги и картона без снижения качества конечной продукции. Применение вторичного сырья в данном случае позволяет уменьшить себестоимость, а также в ряде случаев повысить стоимостные и качественные показатели бумаги.

Литература

1. Производство бумаги и картона www.calculate.ru
2. Производство бумаги. www.slovari.yandex.Ru

УДК 676.017.028.3

Исследование влияния химических добавок на процесс размола волокнистой суспензии при изготовлении бумаги и картона

Процесс размола играет важную роль при производстве высококачественных видов бумаги и картона, т.к. волокна становятся гибкими, пластичными, увеличивается их адсорбционная поверхность и им сообщается определенная степень гидратации, что благоприятно влияет на бумагообразующие свойства волокон [1].

Размол волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности связан с высоким расходом электрической энергии. Большое внимание уделяется мероприятиям, которые ведут к снижению расхода энергии при размоле волокнистого сырья. Одним из перспективных мероприятий является введение в волокнистую суспензию химических добавок, которые ускоряют размол и придают бумаге необходимые свойства [2]. К ним, на наш взгляд, относятся: акриловый водорастворимый полимер ВРП-3 (ТУ РБ 00280198.024-99), крахмал (ТУ 9187-076-00334735-01) и гидроксид натрия NaOH (ГОСТ 4328-77).

В результате введения химических добавок на стадии размола происходит сокращение времени достижения нужной степени помола и, как следствие, уменьшение расхода энергии на процесс размола и увеличения производительности бумаго- и картоноделательного оборудования [3].

Цель работы – изучение влияния химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) на скорость процесса размола и физико-механические показатели качества бумаги и картона.

Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы бумаги массой 80 г/м² и картона массой 340 г/м². В качестве волокнистого полуфабриката при проведении исследования использовали целлюлозу белёную сульфатную из лиственных пород древесины (ТУ 5411-029-00279195-2006).

Расход химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) составлял 1,05% от а. с. в. Концентрация растворов химических добавок составляла 0,5 %.

Размол целлюлозы проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1 при частоте вращения двигателя мельницы 1600 об/мин и межножевом зазоре 0,2 мм. Размол осуществлялся до степени помола волокнистой суспензии 50°ШР.

Образцы бумаги массой 80 г/м² получали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (фирма «Ernst Haage», Германия). Физико-механические показатели образцов бумаги оценивали разрывной длиной, разрушающим усилием в сухом состоянии, сопротивлением разрыву, удлинением, поглощением энергии при разрыве, модулем Юнга и жесткостью [4]. Эти показатели определяли по ISO 1924-2 на разрывной машине фирмы «Lorentzen & Wettre» (Швеция).

Зависимость степени помола волокнистой суспензии от времени размола с использованием химических добавок и без добавок представлена на рис. 1.

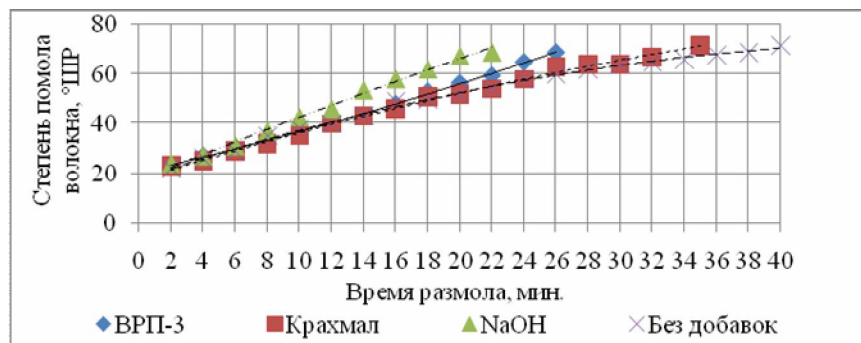


Рисунок 1 – Изменение степени помола волокна в процессе размола целлюлозы в зависимости от химической добавки

Результаты испытаний изготовленных образцов бумаги приведены в таблице 1.

Таблица 1– Показатели качества бумажных образцов

Химическая добавка	Показатели качества						
	Разрушающее усилие в сухом состоянии $P_{сух}$, Н	Сопротивление разрыву, кН/м	Разрывная длина РД, км	Удлинение, мм	Поглощение энергии при разрыве, Дж/м ²	Модуль Юнга, ГПа	Жёсткость, кН/м
ВРП-3	79,25	5,29	6,12	1,87	68,97	5,13	709,10
Крахмал	80,75	5,38	6,35	2,30	86,10	5,05	631,75
NaOH	53,37	3,56	5,68	1,69	38,7	5,47	608,56
Без добавок							
–	72,20	4,82	6,33	1,79	62,88	5,52	674,37

Как видно из рисунка 1 и таблицы 1, введение химических добавок ускоряет процесс размола и увеличивает физико-механические показатели качества бумаги и картона. Так, наиболее быстро целлюлоза размалывается с использованием в качестве химической добавки NaOH. Степень помола волокнистой массы 50°ШР достигается в течение 13 минут. Время размола при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 составляет 17 минут, что меньше, чем при добавлении NaOH, но превышает время размола при использовании в качестве добавки крахмала (19 мин). Аналогичные зависимости получены нами при изготовлении образцов картона. Отличие состояло в том, что физико-механические показатели образцов картона превышали на 15-20 % по сравнению с образцами бумаги.

Лучшие физико-механические показатели качества достигаются при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3. Так как при введении NaOH механическая прочность снижается (так разрывная длина уменьшается с 6,33 м до 5,68 м). Это связано с тем, что происходит деструкция и удаление гемицеллюлоз из целлюлозного волокна. Показатели качества при введении крахмала отличаются незначительно от показателей качества образцов бумаги при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 (приблизительно на 1%), но при этом скорость размола ниже. Также использование химических добавок при размоле вызывает снижение белизны бумаги. Меньше всего на белизну влияет водорастворимый полимер ВРП-3.

Таким образом на основании исследований можно сделать вывод о том, что для сокращения времени размола и достижения наилучших показателей качества бумаги рекомендуется применять водорастворимый акриловый полимер ВРП-3. Использование этой добавки позволит снизить расход энергии на процесс размола на 3–5%, что имеет важное практическое и экономическое значение.

Литература

1. Фляте, Д.М. Технология бумаги. / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 440 с.
2. Иванов, С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 695 с.
3. Фляте, Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.
4. Черная, Н.В. Технология бумаги и картона: методическое пособие по лабораторным занятиям / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович. – Минск: БГТУ, 2006. – 58 с.

УДК 546.14,35,77.01:549.464.1(476)

Исследование распределения микроэлементов брома, рубидия и молибдена в белорусском карналлите и продуктах его переработки

Студенты гр. 6 фак. ХТиТ Нева А.А., Слукская Ю.Н.
 Научный руководитель – Пинаев Г.Ф.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Карналлит - минерал, сложный водный хлорид магния и калия состава $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Обычны незначительные примеси Br, Li, Rb, Cs, а также механических частиц глинистых минералов, гематита, водных окислов железа и др.

Карналлит является источником хлористого калия и хлорида магния или бишофита для получения магниевых цементов, кристаллического бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

По данным геологов Республика Беларусь располагает значительными запасами карналлита (> 300 млн.т). Добычу карналлита в РБ целесообразно осуществлять методом подземного растворения [1]. Карналлит может быть применен для получения калийных удобрений и производных продуктов магния, которые применяются в медицине, строительстве, текстильной промышленности.

Карналлит содержит некоторое количество микроэлементов и поэтому целесообразно изучить их содержание в нем, чтобы выявить возможность рассматривать карналлит как источник этих элементов, которые в настоящее время импортируются в Республику Беларусь.

Микроэлементы содержатся в почвах, породах, природных водах, живых организмах в очень малых количествах, но выполняют важнейшие функции инициаторов и активаторов биохимических процессов. Экспериментально доказано, что микроэлементы необходимы для многих важнейших биохимических процессов, недостаток элементов замедляет эти процессы и даже останавливает их. Микроэлементы нашли широкое практическое применение в качестве микроудобрений для полевых культур, подкормок в животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве.

Так как карналлит по предварительным данным содержит в своем составе некоторое количество таких микроэлементов как Br, Li, Mo, Rb, Cs, I и др., то мы ставим перед собой задачу исследовать содержание некоторых из них в белорусском карналлите, а именно брома, рубидия, и молибдена.

В главной своей массе бром находится в рассеянном состоянии в магматических породах, а также в широко распространенных галогенидах. Бром - постоянный спутник хлора. Бромистые соли (NaBr, KBr, MgBr₂) встречаются в отложениях хлористых солей (в поваренной соли до 0,03% Br, в калийных солях - сильвине и карналлите - до 0,3% Br), а также в морской воде (0,065% Br), рапе соляных озер (до 0,2% Br) и подземных рассолах, обычно связанных с соляными и нефтяными месторождениями (до 0,1% Br).

В ходе экспериментов при определении брома были исследованы образцы, полученные с опытной установки для добычи карналлита по методу подземного растворения на Славковичском участке Любаньского месторождения, представляющие собой растворы солей и скважинный осадок, также проводился анализ продуктов переработки карналлита - осадков и образцов, полученных при многостадийном выпаривании с заданной степенью выпарки (рассчитанной по фазовой диаграмме) скважинного рассола №5.

Поскольку мы не располагали готовыми разработанными методами анализа и возможного влияния ионов магния на ход анализа то нами были на первом этапе работы разработаны методики анализа. Был использован йодометрический метод определения брома [2]. Выполненное исследование подтвердило, что большие концентрации MgCl₂ в растворе оказывают значительное влияние на результаты определения брома, что позволило уточнить методику определения брома. Определенные уточнения потребовалось внести в методики определения рубидия и молибдена.

По результатам анализа продуктов упарки карналлитового рассола можно сделать вывод, что концентрирование брома при переработке (многостадийном выпаривании) карналлитового рассола происходит в жидкой фазе упаренных суспензий, а в кристаллической фазе, содержание брома практически постоянна. Это иллюстрируется таблицей 1.

Как известно [3] среднее содержание молибдена в почвах составляет 0,0003%, в изверженных породах — 0,000154%, в осадочных породах — 0,00024%. Больше всего молибдена находится в болотистых почвах и в почвах тундр. Входя в состав фермента нитраторедуктазы (являющейся по своему строению молибдо-флавопротеином), молибден восстанавливает нитраты у высших и низших растений и стимулирует синтез белка в них. Поэтому в условиях недостатка молибдена в растениях накапливаются нитраты, одновременно уменьшаются азотистая растворимая фракция и уровень азотистой белковой фракции.

В нашей работе использовался радионидный метод с экстракционным завершением согласно [4]. В ходе экспериментов при определении молибдена были исследованы водные и соляные вытяжки дробленого карналлита, зерна тонкого (6 мм) и толстого (12 мм) диска карналлита любаньского месторождения. Согласно полученным результатам можно сделать вывод, что молибден содержится в белорусском карналлите преимущественно в осадке, содержание его колеблется в пределах от 2,36 до 6,53 мкг/г карналлита.

Таблица 1 - Результаты анализа Br⁻ в продуктах переработки любаньского карналлита добытого галургическим методом

№	Наименование образца	Концентрация Br, г/л	Содержание Br, масс. %
1	Рассол №5	1,66	0,133
2	Скважинный осадок	-	0,059
3	Раствор после 1-й упарки	2,02	0,164
4	Раствор после 2-й упарки	2,36	0,188
5	Раствор после 3-й упарки	2,54	0,200
6	Раствор после 4-й упарки	3,29	0,252
7	осадок после первой упарки рассола	-	0,155
8	осадок после второй стадии выпаривания	-	0,152

По различным данным, общее содержание рубидия в земной коре колеблется в пределах от 0,0034 до 0,008%, т. е. его в тысячи раз меньше, чем натрия или калия. Выделить рубидий сложно, т. к. он обладает большим химическим сходством с калием и не образует самостоятельных минералов, в следствии чего рубидий встречается в природе крайне рассеянном состоянии вместе с другими щелочными металлами, всегда

сопутствуя калию, попадая в калийные минералы при их формировании из морской воды. Мощные залежи карналлита, несомненно, один из наиболее перспективных источников рубидиевого сырья. Хотя концентрация рубидия здесь и невелика, но общие запасы солей достаточно велики.

Мы не располагали методом прямого определения рубидия в рассоле и продуктах кристаллизации, поэтому использовали методику предварительного концентрирования рубидия с помощью ферроцианидного метода, так как этот метод является наиболее простым и доступным в лабораторных условиях.

При проведении эксперимента проводились 2 серии опытов – на стандартном растворе рубидия Rb_2CO_3 и на карналлитовом рассоле Любаньского месторождения.

При этом количество скважинного карналлитового рассола рассчитывают так, чтобы содержание рубидия в нем примерно соответствовало содержанию рубидия в стандартном растворе. Это проводят для того, чтобы количество осажденного рубидия в осадке было достаточным для определения его данным методом. Количество стандартного раствора, взятого для определения, обосновывается предварительными результатами и проведенными расчетами.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что осаждение рубидия при стехиометрической норме исходных реагентов происходит не полностью. При увеличении количества ферроцианида калия и хлористого железа вдвое и втрое можно наблюдать практически одинаковую концентрацию рубидия в рассоле. Это говорит о том, что полное осаждение рубидия происходит при 100% избытке ферроцианида.

По полученным данным можно сделать вывод, что рубидий практически полностью переходит из раствора в осадок, а это говорит о том, что ферроцианидный метод вполне можно применять для извлечения рубидия из карналлитовых рассолов, предварительно удалив из них калий, являющийся конкурентом рубидия в происходящем ионообменном процессе, а содержание Rb в рассоле составляет 0,012% (масс.).

Литература

1. Отчет о НИР БГТУ «Обосновать принципиальную технологическую схему и разработать задание на проектирование опытно-промышленной установки для наземной переработки карналлитового рассола с получением кристаллического хлорида калия и концентрированного бишофитового раствора», Г.Ф. Пинаев. 2006г.

2. И.М. Кольтгоф, В.А. Стенгер, Р. Белчер. Объемный анализ, том 3, Москва 1961 г.

3. Информация из интернета, www.optimumrus.ru

4. Г.А. Шарло. Методы аналитической химии – м.-л. :химия 1966г.

5. Н.И. Забродина, Н.А. Алексеева. Редкие щелочные элементы – изд. ППИ, 1969г.

УДК 661.185

Мицеллообразование в системах «препарат Среморфог А25 – вода»

Студенты 3 к. 8 гр. ф-та ТОВ Курьянович О.А., Грукалова Е.В.

Научные руководители – Эмелло Г.Г., Бондаренко Ж.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) и препараты на их основе широко используются в различных областях науки и технологии. В косметической промышленности для получения кремов и лосьонов применяют препарат Среморфог А25, который представляет собой смесь жирных спиртов фракции $C_{16}-C_{18}$ со степенью этоксилирования равной 25.

Важнейшей характеристикой коллоидных ПАВ является критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). При мицеллообразовании резко изменяются объемные свойства растворов ПАВ, а, следовательно, и свойства систем, полученных с их использованием.

Целью данной работы явилось изучение процесса мицеллообразования в системе «препарат Среморфог А25 – вода».

Препарат Среморфог А25 представляет собой порошок белого цвета. Приготовление водного раствора препарата с концентрацией 200 г/л осуществляли при нагревании до температуры 80°C при постоянном перемешивании. При охлаждении раствора до комнатной температуры получился прозрачный гель, из которого путем разбавления получали растворы с концентрациями 0,01–160,00 г/л.

Для определения критической концентрации мицеллообразования использовали рефрактометрический, турбидиметрический, вискозиметрический и сталагмометрический методы анализа [1]. Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2.

В основе рефрактометрического метода лежит определение показателя преломления света на границе воздух – исследуемая система, измерение которого производили с помощью рефрактометра ИРФ 454. Из рисунка 1-а видно, что при концентрациях 0,1–2,0 г/л показатель преломления остается постоянным и рав-

ным показателю преломления на границе воздух – вода (1,3330). Следовательно, данные растворы являются истинными. Начиная с концентрации 3,0 г/л и до концентрации 160,0 г/л, значения показателя преломления возрастают от 1,3331 до 1,3543, что свидетельствует о наличии в растворах новой фазы – мицелл ПАВ.

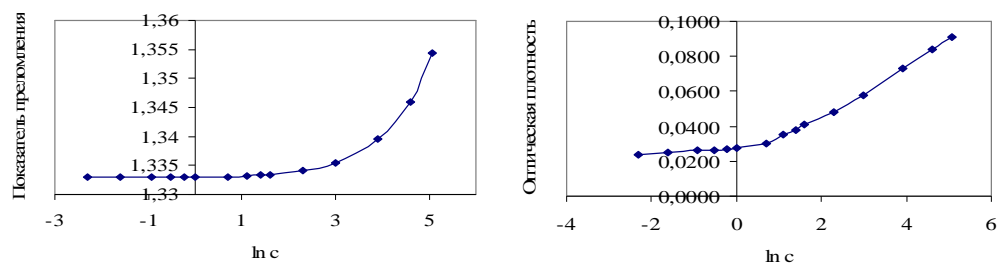


Рисунок 1 - Зависимость показателя преломления (а) и мутности (б) от концентрации водного раствора препарата

На фотоэлектроколориметре КФК-2М измерена оптическая плотность (D) растворов (длина волны 440 нм, ширина кюветы 5 см), которая является одной из характеристик способности рассеивать свет в исследуемых системах. На рисунке 1-б показана полученная зависимость $D = f(\ln c)$. Установлено, что в области истинных растворов происходит незначительное повышение оптической плотности, которое связано с большими размерами молекул ПАВ и возможным образованием димеров и тримеров. В области коллоидных растворов повышение оптической плотности с увеличением концентрации более значительное, так как размеры мицелл несоизмеримо больше.

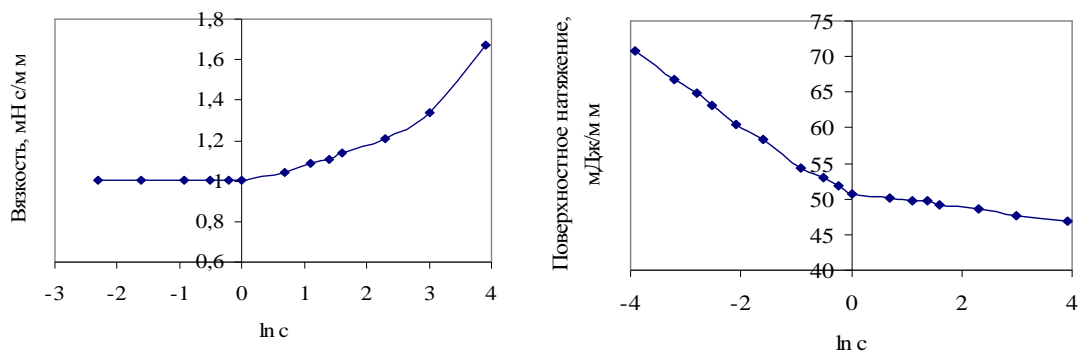


Рисунок 2. Зависимость вязкости (а) и поверхностного натяжения (б) от концентрации водного раствора препарата

Измерение вязкости растворов препарата производили с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-1. Пока ПАВ находится в растворе в молекулярном виде, скорость диффузии молекул остается постоянной и вязкость практически не изменяется. Из рисунка 2-а видно, что это соответствует растворам с концентрациями 0,1–1,0 г/л. Когда в растворе появляются мицеллы, увеличивается внутреннее трение между отдельными слоями жидкости, и вязкость возрастает.

Сталагмометрическим методом определено поверхностное натяжение водных растворов препарата. Из рисунка 2-б видно, что на графике обнаруживается точка перегиба. В истинных растворах ПАВ происходит значительное понижение поверхностного натяжения с ростом концентрации раствора, что связано с адсорбцией молекул ПАВ на границе воздух – раствор. Когда поверхностный слой полностью занят молекулами ПАВ в объемной фазе раствора начинается процесс образования мицелл, и поверхностное натяжение практически не меняется.

Анализ рисунков 1 и 2 позволил приблизительно оценить значение ККМ, которая составила 3,0 г/л или $2,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

С помощью метода Рэлея (метод светорассеяния), по методике, описанной в [2], определен средний размер мицелл в коллоидном растворе препарата с концентрацией 100 г/л. Установлено, что средний диаметр мицелл равняется 5,1 нм. По формулам, представленным в [3], рассчитаны число агрегации и мицеллярная масса. Число агрегации – это число молекул, составляющих мицеллу. Мицеллярная масса – это общая сумма молекулярных масс молекул в мицелле, или произведение массы мицеллы на число Авогадро. Данные величины составили 248 и 336 208 соответственно.

Таким образом, изучен процесс мицеллообразования в водных растворах препарата Sremophor A25, являющегося типичным представителем коллоидных ПАВ. Определены критическая концентрация мицеллообразования, оценены: размер мицелл, число агрегации и мицеллярная масса для коллоидного раствора с концентрацией 100 г/л.

Литература

1. Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно-активных веществ). Под ред. Р.Э.Неймана. – М.: Высшая школа, 1971. –176с.
2. Поверхностные явления и дисперсные системы: лаб практикум для студентов хим.-техн. спец. / А.А.Шершавина [и др.]. – Мн.: БГТУ, 2005. – 106 с.
3. Шукин, Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д.Шукин, А.В.Перцов, Е.А.Амелина. –М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. –348с.

УДК 666.3.016.5

Формирование полуфриттованного износостойкого покрытия

Студент гр. 9 Позняк А.И.

Научный руководитель – Левицкий И.А.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Актуальной задачей для керамической промышленности Республики Беларусь является создание глазурных покрытий с высокими эксплуатационными и декоративно-эстетическими характеристиками. Основная часть свойств изделия обеспечивается за счет формирующейся в процессе термообработки кристаллической фазы и степенью однородности ее распределения в стекломатрице.

Целью исследования явилось детальное изучение процессов фазообразования при термообработке фритты и покрытия для получения конечного продукта с заданным комплексом свойств.

Ранее были проведены исследования, направленные на синтез полуфриттованных покрытий и изучение их физико-механических и декоративно-эстетических свойств. В качестве объекта исследования были выбраны 2 типа фритт: серия Р, синтезируемая в системе $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{RO} - \text{R}_2\text{O} + (\text{ZrO}_2, \text{B}_2\text{O}_3)$; серия П – в системе $\text{SiO}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{RO} + (\text{R}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{B}_2\text{O}_3)$. Каждой серии фритт включала 3 состава, которые отличались количеством цирконсодержащего компонента в их сырьевых композициях: 0% – составы ОР и ОП; 50% – составы 0,5Р и 0,5П; 100% – составы Р и П. Следует отметить, что общее расчетное количество диоксида циркония в покрытиях, полученных с помощью вышеуказанных фритт сохранялось постоянным и составило для серии Р – 6; для серии П – 7 %.

При синтезе полуфриттованных покрытий использовались следующие сырьевые материалы: каолин КН – 83, доломит марки А группы 1 класса 4, циркобит МО, цинковые белила марки А, песок кварцевый марки ОВС – 020 – В, полевой шпат вишневогорский, глина Гранитик – Веско, глинозем ГК – 1, волластонитовый концентрат марки ВП – 1, а количество фритт составляло 22,5 (серия Р) и 20 (серия П).

Синтез покрытий осуществлялся в условиях ОАО «Керамин» с использованием в качестве керамической основы полуфабриката плиток, высушенный до влажности не более 0,5 %. Исследуемые композиции подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 0,3 %. Затем плитка покрывалась ангобом и на него наносилась глазурь методом полива. После сушки при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ до остаточной влажности не более 0,5 % плитка подвергалась обжигу в газопламенной печи конвейерной линии FMS – 2500/113.4 при температуре $(1160 \pm 10)^\circ\text{C}$. Продолжительность обжига составляла (46 ± 1) минут.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) полученных покрытий, измеренный в лабораторных условиях с помощью горизонтального кварцевого dilatометра, составил $(68,26 - 70,40) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Определение микротвердости покрытий проводили с помощью прибора Wolpert Wilson (ФРГ), в основу работы которого положен метод Виккерса. Значения микротвердости находились в пределах 7950 – 9560 МПа.

Синтезируемые покрытия отвечают 3 – 4-ой степени износостойкости, твердость по шкале Мооса составила 7 – 8.

Глазурные покрытия являются термостойкими и обладают требуемой химической стойкостью к действию раствора № 3 в соответствии с СТБ.

Помимо высоких физико-механических показателей синтезируемые покрытия имеют высокие декоративно-эстетические характеристики. Фактура покрытий матовая, показатель блеска покрытий находится в пределах 13 – 20, белизна – 72 – 80 %.

На основании результатов исследования физико-механических и декоративно-эстетических свойств было выбрано оптимальное покрытие ОР с использованием в качестве фриттованной составляющей бесциркониевой фритты.

Главным достоинством синтезированного полуфриттованного покрытия является высокая износостойкость (степень 4) и микротвердость (9320 – 9560 МПа); температурный коэффициент линейного расширения покрытия составил $(64,5 - 68,26) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, блеск – 14 – 16 %, белизна – 68 – 74 %.

Определение фазового состава бесциркониевой фритты и покрытия на его основе проводили методом рентгенофазового анализа. Рентгенограммы термообработанных при $(1150 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ образцов снимались на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы BRUKER (ФРГ). Анализ данных рентгенофазового исследования приведен в таблице.

Исследования показали, что бесциркониевая фритта представляет собой рентгеноаморфное стекло. Фазовый состав покрытия представлен кварцем, корундом, анортитом и цирконом. Сочетание вышеуказанных фаз обеспечивает направленное фазообразование с преимущественным количеством циркона при формировании стеклокристаллической структуры достаточной степени глушения и, соответственно, светорассеяния. Во фритте не происходит первичной кристаллизации циркона из стекла, напротив, он полностью сохраняется в виде реликтовых зерен, обеспечивая также и высокие физико-механические свойства покрытия.

Таблица – Качественный фазовый состав термообработанной фритты и покрытия ОР

Образец исследования	Кристаллическая фаза				
	кварц ($\alpha\text{-SiO}_2$)	циркон (ZrSiO_4)	корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)	диопсид ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)	анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
Фритта	–	–	–	–	–
Покрытие	–	+	+	+	+

Результаты электронно-микроскопического исследования, выполненного с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM – 5610 LV (Япония), приведены на рисунке.

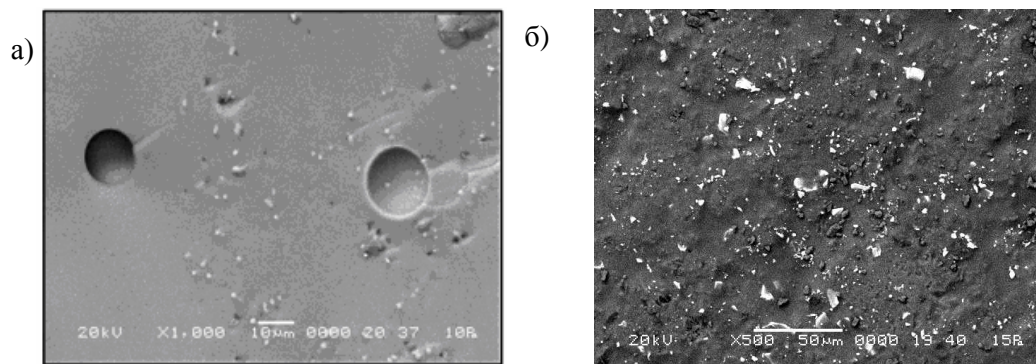


Рисунок – Электронно-микроскопическое изображение поверхности а) фритты и б) покрытия

Полученные данные хорошо согласуются с результатами РФА. Так, фритта представляет аморфное стекло, а покрытие имеет однородную стеклокристаллическую структуру с равномерно распределенными в стекломатрице кристаллами циркона размером 1 – 3 мкм.

Покрытие имеет матовую фактуру, необходимые показатели белизны и блеска, а, главное, износостойкость, составляющая степень 4.

Применение бесциркониевой фритты позволит сократить расход топливно-энергетических ресурсов в общем процессе производства износостойких плиток для полов.

Результаты исследований имеют большое практическое значение и могут использоваться в практики получения износостойких покрытий для плиток для полов, потребность в которых возрастает в связи с увеличением объема гражданского и промышленного строительства.

Студ. 4 к. 8 гр. ф-та ТОВ Аргюх В.Н.
 Научные руководители – Бондаренко Ж.В., Эмелло Г.Г.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Среди большого разнообразия косметических продуктов значительная доля принадлежит пеномоющим средствам, действующим началом которых являются поверхностно-активные вещества (ПАВ). ПАВ играют важную роль в диспергировании и растворении загрязнений, в пенообразовании, оказывают влияние на состояние волос и кожи после мытья. Одним из требований, предъявляемых к косметическим моющим средствам, является высокая пенообразующая способность [1], что диктует необходимость использования в их составе большого содержания ПАВ. Известно, что на пенообразующую способность гигиенического моющего средства оказывают влияние композиционный состав средства (природа и расход ПАВ и со-ПАВ, содержание пережиривающих, кондиционирующих, лечебно-профилактических и других компонентов), а также условия получения пены (температура, присутствие в воде солей жесткости и др.).

Целью работы явилось изучение свойств пен, полученных с использованием препарата Техароп K12G, в зависимости от содержания в водном растворе хлористого кальция. Технический препарат Техароп K12G представляет собой лаурилсульфат натрия.

Ранее были изучены пенообразующие свойства данного препарата и свойства пен из растворов, полученных с использованием дистиллированной воды [2]. Было установлено, что при увеличении концентрации ПАВ в растворе до 2 г/л пенообразующая способность достигает 230 мм и при дальнейшем увеличении содержания ПАВ практически не изменяется. Однако используемая в быту вода всегда содержит в некотором количестве соли жесткости, оказывающие влияние на свойства моющих средств.

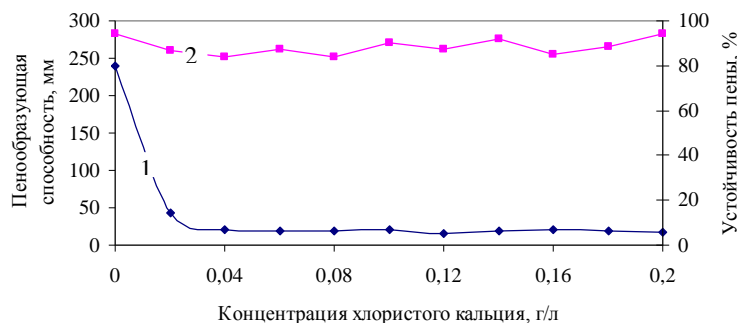


Рисунок 1 – Влияние хлористого кальция на пенообразующую способность (1) и устойчивость пены (2)

Для изучения влияния хлористого кальция на пенообразование готовили его водные растворы с концентрацией 0,02–0,2 г/л и в приготовленный раствор вводили 2,0 г/л лаурилсульфата натрия. В лабораторных условиях на приборе Росс-Майлса по методике, описанной в [3], была определена пенообразующая способность приготовленных растворов и устойчивость полученных пен. Эксперимент проводили при температуре 18–20°C. Пенообразующую способность определяли как высоту столба пены (мм) через 30 с после истечения приготовленного раствора из пипетки прибора Росс-Майлса. Устойчивость пены определяли, как отношение высоты столба пены через 5 мин к высоте столба пены через 30 с, и выражали в процентах. Полученные данные представлены на рисунке 1.

Как видно из представленных данных, с увеличением в растворе содержания хлористого кальция от 0 до 0,04 г/л происходит значительное понижение пенообразующей способности лаурилсульфата натрия: показатель снижается от 240 до 20 мм. Вероятно, это связано с постепенным образованием в системе лаурилсульфата кальция, обладающего меньшей пенообразующей способностью. При дальнейшем увеличении содержания хлористого кальция данный показатель практически не изменяется и лежит в интервале 16–19 мм. Согласно требований СТП 1675–2006 [1], пенообразующая способность гигиенических моющих средств должна находиться в интервале 100–145 мм. Из графика видно, что для достижения таких значений пенообразующей способности содержание хлористого кальция в растворе не должно превышать 0,01–0,015 г/л. Установлено, что для всех пен, полученных в ходе эксперимента, устойчивость находится в пределах 85–94%, т.е. на показатель устойчивости пен хлористый кальций не оказывает существенного влияния.

Была изучена также кинетика устойчивости пен, полученных с использованием лаурилсульфата натрия в присутствии хлористого кальция. Данные представлены на рисунке 2.

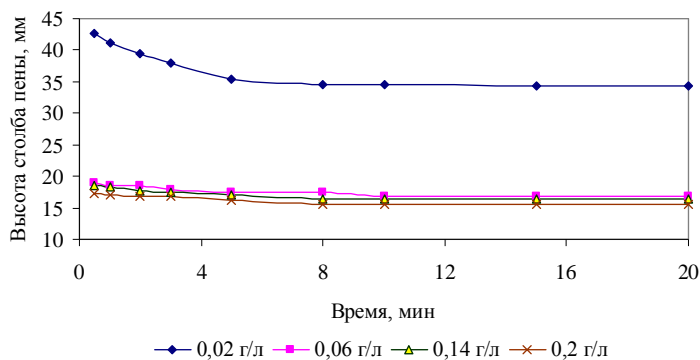


Рисунок 2 – Кинетика устойчивости пен в зависимости от концентрации хлористого кальция

Из рисунка 2 видно, что при содержании хлористого кальция в количестве 0,02 г/л в течение 5 мин высота столба пены понижается на 17%, т.е. в системе происходит разрушение пены. При дальнейшем увеличении времени существования пены высота ее столба практически не изменяется, что свидетельствует о достижении состояния равновесия в системе. Высота столба пен, полученных из водных растворов ПАВ с содержанием хлористого кальция 0,06–0,20 г/л, практически не изменяется на протяжении всего времени исследования.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что хлористый кальций оказывает значительное влияние на пенообразующую способность лаурилсульфата натрия и практически не влияет на устойчивость пен, полученных с использованием данного ПАВ. Это свидетельствует о том, что для обеспечения высокой пенообразующей способности косметических моющих средств (в соответствии с [1]) необходимо повысить содержание в них лаурилсульфата натрия.

Литература

- 1 СТБ 1675–2006. Изделия косметические гигиенические моющие. Общие требования / Введ. 01.07.2007 г. – Минск, 2007. – 6 с.
- 2 Бурдоленко, О.Н. Пенообразующие свойства препаратов GENAPOL и TEXAPON K12G / О. Н. Бурдоленко, Е.А. Лукашевич // Сб. «Новые материалы и технологии их обработки» научных трудов X Республиканской СНТК БНТУ, 28–30 апреля 2009 г., г. Минск. – Минск: БНТУ, 2009. – С. 213–214.
- 3 ГОСТ 22567.1–77. Средства моющие синтетические. Метод определения пенообразующей способности / Введ. 2. 06. 1977 г.; продл. 29.06.1984 г. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

УДК 66.071.7:541.123

Описание равновесия систем NH_3 – вода и SO_2 – вода применительно к процессам абсорбции

Студенты 6 гр. 4 курса Воробьев А.Д., Махрова Е.В.

Научный руководитель – Калишук Д.Г.

Белорусский государственный технологический университет
г.Минск

Одним из важных этапов расчетов при проектировании абсорбционных установок является определение условий равновесия между газовой и жидкой фазами с учетом природы абсорбата (поглощаемого газа) и абсорбента (жидкости, используемой в качестве поглотителя), а также режимных параметров – температуры и давления, при которых протекает процесс. Для хорошо растворимых абсорбатов равновесные их содержания в газовой и жидкой фазах могут быть рассчитаны с применением закона Генри лишь при условии образования сильно разбавленных растворов. В иных случаях для установления равновесия в указанных системах прибегают к справочным данным, полученным экспериментальным путем. Недостатком такого рода данных является то, что они чаще всего представлены в табличном виде как значения равновесных массовых долей абсорбата в абсорбенте при различных величинах парциального давления абсорбата в газовой фазе и температуре. Поэтому в процессе построения линии равновесия приходится многократно проводить трудоемкие вычисления с применением двойной интерполяции: по составу фазы и температуре.

К абсорбатам, охарактеризованным выше, относятся аммиак NH_3 и диоксид серы SO_2 при поглощении их водой. Абсорбция NH_3 водой является очень распространенной стадией в различных технологических процессах. При абсорбции SO_2 применяются в основном хемосорбенты, представляющие собой водные растворы. Поэтому и в данном случае важно установление равновесия в системе и SO_2 – вода.

Для описания условий равновесия системы NH_3 – вода на основании экспериментальных данных было получено и в литературе представлено ряд эмпирических уравнений, наиболее известным из которых является уравнение Шервуда [1]

$$S = Kp^n + 1,27t - 83, \quad (1)$$

где S – масса, растворенного в 1000 кг воды в условиях равновесия, кг;

K, n – коэффициенты;

p – парциальное давление мм рт. ст.;

t – температура, °С. принимаются различными для различных диапазонов температур, что значительно осложняет расчет. Полученные по уравнению (1) расчетные величины, а также результаты, взятые из номограмм применении данной зависимости, были нами сравнены с экспериментальными данными по равновесию из справочников [2, 3]. Было выяснено, что удовлетворительная сходимость достигается лишь при температуре плюс 40. В иных случаях отклонение расчетных величин от экспериментальных достигало 15% и более. Поэтому нами была предпринята попытка получения более точных формул для описания равновесия системы NH_3 – вода. При обработке данных было выявлено, что характер зависимости меняется при изменении массовой доли NH_3 в воде. Поэтому с целью минимизации погрешности уравнений было выделено две области: в первой массовая доля NH_3 в водном растворе $\bar{D} \leq 0,2$ кг NH_3 / кг раствора: во второй от 0,2 до 0,5 кг NH_3 / кг раствора. Уравнения равновесия для первой и второй областей соответственно:

$$\bar{D} = [8830,79 - 3389,72 \ln T + 228,226 \ln P^* + 3,25758 (\ln T)^2 + 1,76743 (\ln P^*)^2 - 44,6307 \cdot \ln P^*] \cdot 10^{-4}; \quad (2)$$

$$\bar{D} = [8691,33 - 1602,25 \ln T + 5,714 (\ln P^*)^2] \cdot 10^{-5}; \quad (3)$$

где T – температура, К;

P^* – парциальное давление NH_3 над раствором в условиях равновесия, Па.

Среднее квадратичное отклонение значений, рассчитанных по зависимости (2), от экспериментальных [2, 3] не превышает 0,7%, а по зависимости (3) – 1,3%. Отметим, что для растворов с $\bar{D} < 0,04$ кг NH_3 / кг раствора зависимость (2) дает относительную погрешность более 2%. Однако это меньше погрешности значений, полученных при использовании закона Генри (среднее квадратичное отклонение 10%).

Задача описания равновесия для системы SO_2 – вода решалась с использованием экспериментальных данных, представленных в справочнике [4]. При этом были получены весьма точные уравнения равновесия для значений температур плюс 10, 20, 30, 40 и 50. Относительное квадратичное отклонение рассчитанных по ним значений не превышает 0,05%. Для температуры плюс 20 уравнение имеет вид

$$\bar{X} = (-3,03 \cdot 10^{-6} D_{\text{SO}_2} + 1,215) \cdot 10^{-6} D_{\text{SO}_2}, \quad (4)$$

где \bar{X} – относительная массовая доля SO_2 в растворе, кг SO_2 / кг воды;

D – парциальное давление.

Универсальное уравнение, учитывающее дополнительно влияние температуры на условия равновесия, получено нами в следующем виде

$$\bar{X} = [(-3,03 \cdot 10^{-9} t^2 + 3,199 \cdot 10^{-7} t - 8,149 \cdot 10^{-6}) D_{\text{SO}_2} + 6,594 \cdot 10^{-4} t^2 - 7,146 \cdot 10^{-2} t + 2,399] D_{\text{SO}_2} \cdot 10^{-6}. \quad (5)$$

Среднеквадратичное отклонение рассчитанных по зависимости (5) величин от справочных составило 0,065%. Уравнение дает сравнительно большую погрешность (до 6 %) в области содержаний в жидкой фазе до 0,02 кг / кг воды.

Выводы. Несмотря на свою сложность, уравнения (2), (3) и (5) применимы для практических расчетов абсорберов при описании равновесия систем NH_3 – вода и SO_2 – вода, так как они имеют достаточно высокую точность в диапазоне изменения температур от плюс 10 до плюс 50.

При применении указанных зависимостей трудоемкость расчетов по сравнению с использованием табличных данных дополнительно снижается, так как уравнения адаптированы к современной системе единиц физических величин СИ. Кроме того при проведении расчетов с помощью ЭВМ исключается необходимость подключения подпрограмм по двойной интерполяции табличных данных.

Литература

1. Мельник, Б.Д. Инженерный справочник по технологии неорганических веществ. Графики и номограммы / Б.Д.Мельник. – М.: Химия, 1975. – 544 с.
2. Пери, Дж. Справочник инженера-химика. Т. 1. Пер. с англ. / Пери Дж. – Л.: Химия, 1969. – 640 с.
3. Справочник азотчика: Производство разбавленной и концентрированной азотной кислоты: Производство азотных удобрений: Материалы, компрессоры и газгольдеры производств азотной кислоты и удобрений: Энергосбережение производств связанного азота и органических продуктов: Техника безопасности производств связанного азота и органических продуктов. – М.: Химия, 1987. – 484 с.
4. Новый справочник химика и технолога. Химическое равновесие. Свойства растворов. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 998 с.

УДК 678.046.9

Технологические свойства модифицированных эластомерных композиций

Студентка 5 курса 2 гр. факультета ТОВ Колентионок Ю. П.
Научный руководитель – Долинская Р.М.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение технологических свойств модифицированных эластомерных композиций.

Технологические свойства – это комплекс свойств каучуков и резиновых смесей, определяющих их перерабатываемость на оборудовании, а также свойства композиций при хранении и изготовлении изделий. К технологическим свойствам относятся пластоэластические свойства, которые оцениваются пластичностью, жесткостью резиновых смесей и каучуков, их эластичным восстановлением, а также вязкостью по Муни.

Важнейшими характеристиками технологических свойств каучуков и резиновых смесей являются реологические свойства, а для резиновых смесей еще и способность к вулканизации (вулканизуемость) [1].

Особый интерес в резиновой промышленности представляет поиск веществ, одновременно выполняющих в эластомерных композициях различные функции: модифицирующую, пластифицирующую, ускоряющую, стабилизирующую и др. С этой точки зрения перспективными веществами являются кремнийорганические соединения.

Известно [2], что в качестве модификаторов резин применяют, как нереакционноспособные, так и химически активные кремнийорганические соединения (силаны, силоксаны, силаны и др.), характеризующиеся различной длиной цепи, разветвленностью, наличием функциональных групп.

Кремнийорганические нереакционноспособные олигомеры в составе эластомерных композиций обычно являются ингредиентами полифункционального действия, т.е. наряду с явно выраженным воздействием на какую-либо одну характеристику композиции они влияют и на другие свойства, включая параметры процессов переработки смесей и свойства изготовленных из них изделий. Однако, общим для всех нереакционноспособных олигомеров является воздействие на вязкоупругие свойства эластомеров, т.е. пластифицирующее действие.

В работе [3] показано влияние небольших дозровок различных пластификаторов, в том числе и полиметилсилоксана-1000, на реологические свойства резиновых смесей на основе каучуков общего назначения. Авторами [3] отмечено уменьшение напряжения сдвига, а также установлена зависимость вязкости от природы и концентрации пластификатора и режима введения его в композицию. Показано, что вязкость уменьшается с ростом содержания пластифицирующей добавки.

Таким образом, применение в резинах нереакционноспособных кремнийорганических соединений представляет значительный практический интерес. Хотя в настоящее время в резиновой промышленности нереакционноспособные кремнийорганические соединения практически не применяются, за исключением полиметилорганосилоксанов (ПМС).

За рубежом известно применение модификатора Sidistar R 300, который представляет собой аморфный неусиливающий диоксид кремния с первичными частицами сферической формы и среднего размера 150 нм.

Нами проведены исследования по изучению влияния модификатора Sidistar R 300 на технологические свойства эластомерных композиций на основе каучука БНКС-28АН.

Для оценки свойств резин определяли вулканизационные параметры на основании реологических кривых, полученных на реометре «Монсанто» по ГОСТ 12535-84. Температура испытаний составляла 140 ± 1 , 160 ± 1 , 180 ± 1 . Из реограмм по стандартной методике [4] рассчитывали M_1 – минимальный крутящий момент, который характеризует реологические свойства смеси.

В работе исследовали стандартные эластомерные композиции, которые изготавливали на основе каучука БНКС-28АН без модификатора и с модификатором Sidistar R 300 в количестве от 1 до 10 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука. Анализ полученных результатов показал, что использование модификатора Sidistar R 300 позволяет получить вязкость по Муни 73 у.е. (в композициях без модификатора этот показатель составляет 62 у.е.), что характеризует Sidistar R 300 как модификатор для улучшения реологических свойств эластомерных композиций. Наилучшие показатели реологических свойств композиций достигнуты при содержании модификатора Sidistar R 300 в количестве 5 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука.

Вероятно, значительный эффект как модификатора вязкости достигается благодаря сферической форме частиц Sidistar R 300. В результате улучшается диспергируемость всех компонентов резиновой смеси и их текучесть.

Таким образом, как показали наши исследования, модификатор вязкости Sidistar R 300 можно использовать в составе эластомерных композиций для изменения их реологических свойств.

Литература

1. Корнев, А.Е. Технология эластомерных материалов: учеб. / А.Е.Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шердяев. // М.: Эксим, 2000. – 288 с.
2. Кудрявцева, Н.Э. Химия и практическое применение кремнийорганических соединений. / Н.Э.Кудрявцева [и др.]. // Л., 1988. – 92 с.
3. Скок, В.И. пути модификации эластомеров с целью повышения качества резиновых изделий и эффективности производства. / В.И.Скок [и др.] // Всес. научн.-техн. конф. – Ярославль., 1979. – 125 с.
4. Новаков, И.А. Методы оценки и регулирования пластоэластических и вулканизационных свойств эластомеров и композиций на их основе. / И.А.Новаков, О.М.Новольцева,

УДК 661.833

Получение комплексного удобрения из фосфоритов месторождения Каратау

Студентка факультета ХТиТ 5 курса 6 группы Брикач Н.В.
Научный руководитель – Гаврилюк А.Н.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В последние годы проблема обеспечения населения земного шара продуктами питания приобретает все большую остроту. Это связано с тем, что на фоне интенсивного роста населения мировой фонд пахотных земель не увеличивается.

Решение этой проблемы возможно только за счет широкого применения и эффективного использования минеральных удобрений. Благодаря их применению обеспечивается прирост урожая сельскохозяйственных культур в среднем на 40-50%. В Беларуси действует крупная отрасль промышленности, производящая минеральные удобрения. Основным направлением в развитии производства минеральных удобрений является увеличение объемов выпуска и расширение ассортимента комплексных удобрений. Это связано с тем, что комплексные удобрения содержат в одной грануле все питательные элементы, необходимые для роста и развития растений, что способствует лучшему обеспечению потребности растений в питательных веществах и приводит к снижению затрат на транспортировку, хранение и внесение удобрений в почву.

Гомельский химический завод, являясь одним из основных производителей комплексных минеральных удобрений, продолжительное время работал на российском апатите. За это время месторождения апатитов почти исчерпаны, а цены на концентрат значительно выросли. Но, несмотря на отсутствие сырьевой базы и на сложившуюся с осени 2008 года непростую ситуацию в мировом аграрном секторе (резкий спад спроса на удобрения), завод продолжает работать. Это, в первую очередь, связано с тем, что на заводе вплотную приступили к активному поиску альтернативных апатитам источников фосфатного сырья.

В связи с изложенным целью данной работы является исследование физико-химических закономерностей кислотного разложения альтернативного источника сырья – фосфоритов каратау, с последующим применением их для получения комплексных удобрений. Фосфориты каратау относятся к группе пластовых микрозернистых фосфоритов и представляют собой плотные, крепкие плитчатые породы от темно-серого до черного цвета.

По запасам P_2O_5 [1] бассейн Каратау является одним из самых крупных в странах СНГ. Общие балансовые запасы составляют 1729 млн. т, а с учетом прогнозных более 3 млрд. т, содержащих 740 млн. т P_2O_5 . Фосфориты каратау характеризуются сравнительно высоким содержанием P_2O_5 в недрах в среднем по бассейну 25% P_2O_5 .

Объектами исследования являются полученные в результате сернокислотного разложения фосфоритов каратау нерасфильтрованные суспензии.

Химический анализ полученных образцов проводили по стандартным методикам [2]. Содержание P_2O_5 определяли фотоколориметрическим методом с использованием фосфорнованадиевомолибденового комплекса. Фотометрирование проводили при длине волны $\lambda=450$ нм на спектрофотометре SP8001.

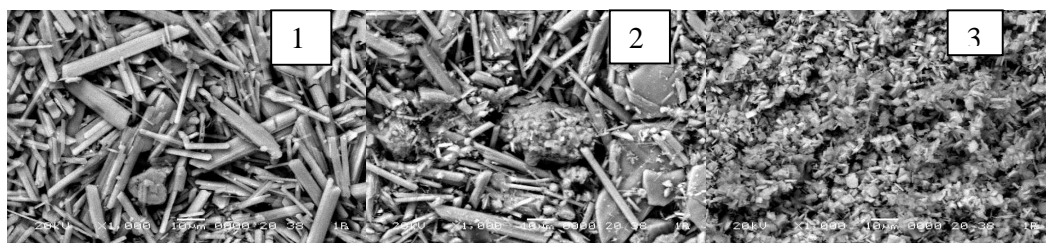
Исследования однородности полученных образцов и поэлементного распределения отдельных компонентов проводили на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM – 5610LV (Япония) с использованием системы электронного зондового энергодисперсионного рентгенофлуорисцентного анализа марки JED 22-01.

Основными параметрами, оказывающими значительное влияние на процесс разложения фосфорита, являются концентрация серной кислоты и продолжительность разложения, поэтому в работе детально изучалось влияние концентрации серной кислоты на коэффициент разложения. Норма серной кислоты при разложении принимается равной 105% от стехиометрической нормы на связывание всех основных и полуторных оксидов, присутствующих в фосфорите. Массовая доля H_2SO_4 в жидкой фазе, включающей H_2SO_4 и H_2O , изменялась в интервале от 20% до 65% масс. Разложение проводили при температуре $80\pm 0,5^\circ C$ в течение 30 мин.

При взаимодействии фосфорита с серной кислотой степень его разложения находится в сложной зависимости от концентрации кислоты. В области концентраций серной кислоты 20-65% кривые $K_p=f(C)$ при $80^\circ C$ имеют два максимума и минимум. Увеличение концентрации серной кислоты приводит к увеличению коэффициента разложения сырья, что связано с образованием крупных кристаллов сульфата кальция, образующих рыхлую пленку продукта на поверхности сульфата. При этом увеличивается скорость процесса, т.к. лимитирующей стадией процесса разложения является диффузия реагентов через слой продукта, и, следовательно, увеличивается коэффициент разложения. При увеличении концентрации свыше 40% происходит уменьшение коэффициента разложения, что свидетельствует об образовании мелких кристаллов сульфата кальция, образующих плохо проницаемую пленку продукта.

Вторым фактором, влияющим на процесс разложения, является продолжительность разложения. Анализ полученных данных показал, что с увеличением продолжительности процесса достигается 90-95%-ая степень разложения, соответствующая 2-ух часовому разложению.

Для установления форм и видов образующихся кристаллов в образцах, полученных разложением 35, 45 и 55 %-ой серной кислотой был проведен электронно-микроскопический анализ. Фотографии образцов представлены на рисунке.



Микрофотографии образцов, полученных при разложении серной кислотой различной концентрации, при увеличении $\times 1000$: 1 – 35%, 2 – 45%, 3 – 55%.

Оптимальные условия кристаллизации наблюдаются при использовании серной кислоты концентрацией 35 %. При этом сульфат кальция осаждается в виде отдельных, достаточно крупных призматических монокристаллов ромбической сингонии, сильно развитых вдоль вертикальной единичной оси, размером до 70 мкм. Состав осадка достаточно однороден по форме и размерам кристаллов. Характер образующихся в этих условиях кристаллов в значительной степени обуславливает хорошие реологические свойства образующихся фосфорнокислых суспензий, их высокую текучесть и низкую вязкость.

При использовании серной кислоты с концентрацией 45% сульфата кальция кристаллизуется в виде призматических игольчатых кристаллов, образующих отдельные сростки, продольный размер которых не превышает 50 мкм. Значительное ухудшение процесса разложения при использовании серной кислоты с данной концентрацией подтверждается данными рисунка, на котором идентифицируются отдельные зерна неразложившегося фосфатного сырья. Данные электронно-микроскопических исследований позволили установить, что значительное ухудшение процесса разложения является следствием протекания процесса пассивации зерен фосфатного сырья, сопровождающегося образованием плотного слоя, существенно затрудняющего диффузионные процессы.

При использовании кислоты с концентрацией 55% образующиеся кристаллы ангидрида имеют прямоугольную форму, размером не более 10 мкм. Причем в процессе кристаллизации происходит их сращивание с образованием неизометричных прочных сростков, что облегчает условия протекания диффузионных процессов и приводит к существенному улучшению реологических свойств фосфорнокислых суспензий.

Разрабатываемая технология является экономически целесообразным мероприятием по причине того, что эффективность достигается путём замещения в исходном сырье апатита фосфоритом Каратау, который намного дешевле, а также минимизацией количества вводимой в процесс жидкой фазы. Это позволяет предположить, что цена на разрабатываемое комплексное удобрение будет значительно ниже цен конкурентов, что позволяет варьировать последнюю в зависимости от рынков сбыта и ценовой политики конкурентов.

УДК 676.22

Использование методов комплексного термического анализа и ИК-спектроскопии в технологии бумаги для печати

Студентка 5 курса 11 гр. ф-та ТОВ Белик А. В.
Научные руководители – Дубоделова Е.В., Горжанов В.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является привлечение современных физико-химических методов при разработке технологии поверхностной проклейки бумаги для печати.

В настоящее время поверхностная проклейка бумаги - одно из наиболее развивающихся и перспективных направлений в ее технологии. Назначение поверхностной проклейки - придание бумажной продукции улучшенных печатных свойств и повышенных физико-механических показателей.

Для обеспечения указанных характеристик бумаги нами был использован состав для поверхностной проклейки бумаги на основе крахмала и поливинилового спирта (ПВС). При этом использовали низкомолекулярный модифицированный крахмал (МК), обладающий постоянством значений вязкости в диапазоне концентраций от 3 до 10% и поливиниловый спирт со степенью омыления более 96-98%. При нанесении такого состава на бумагу, по нашему мнению, низкомолекулярный крахмал проникает в толщу бумаги, обеспечивая ей прирост физико-механических показателей, а более высокомолекулярный поливиниловый спирт накапливается в приповерхностном слое и на поверхности бумаги, придавая ей улучшенные печатные свойства [1].

Однако использование поливинилового спирта не обеспечивает требуемых барьерных свойств бумаге по отношению к воде из-за наличия большого количества гидроксильных групп, что вызывает снижение печатных свойств бумаги. Известно, что в целях снижения водорастворимости покрытия из ПВС применяют различные сшивающие агенты. В этом качестве нами было предложено использовать полиаминамидную смолу, модифицированную эпихлоргидрином, торговой марки Melapret PAE/A (ПААС), изготовленную в соответствии с Директивами ЕС 2001/58/ЕС. Такой выбор был обусловлен тем, что в ее составе содержатся группы, способные образовывать связи с гидроксильными группами ПВС и крахмала.

Для выяснения физико-химических процессов, происходящих при использовании такого состава для поверхностной проклейки после его нанесения на бумагу, нами были использованы методы ИК-спектроскопии и комплексного термического анализа.

ИК-спектры исследуемых препаратов регистрировали при помощи спектрофотометра «FT-IR NEXUS» с Фурье-преобразованием в области частот 500–4000 см⁻¹. Исследуемые составы анализировали в виде твердых таблеток, запрессованных в бромиде калия.

Для выяснения влияния сшивающего агента на свойства состава применяли метод комплексного термического анализа с использованием дериватографа ТГ-4000. Этот метод включает термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный термогравиметрический (ДТГ) анализы. Кривые ДТГ характеризуют тепловые эффекты, возникающие в образцах при нагреве. Кривые ТГ – потерю массы образцами под действием температуры. Навеска образца состава составляла 10 мг, скорость его нагрева - 5°/мин. ДТГ и ТГ-кривые записывали в интервале температур 20–500°С. Анализ составов проводили в закрытом тигле.

Рассмотрим результаты анализа спектрограмм ПВС, ПААС и их композиции.

Анализ спектрограмм с поливиниловым спиртом показал, что на спектре композиции ПВС+ПААС изменилась интенсивность полос в областях: 410, 480, 850-870, 920, 1100, 1330, 1380, 1560, 1650, 2160, 2920, 3420 см⁻¹. Эти изменения можно объяснить взаимодействием поливинилового спирта и полиаминамидной смолы, модифицированной эпихлоргидрином, с образованием простой эфирной связи между гидроксильной группой ПВС и первичным атомом углерода ПААС, на что указывает снижение количества гидроксильных групп в образце, содержащем композицию ПВС+ПААС (полосы 410, 480, 1100, 1330, 1380 см⁻¹).

В результате взаимодействия молекулы ПААС и ПВС сближаются, поэтому возникают пространственные затруднения. Об этом свидетельствуют изменения при полосах спектра 850-870, 920, 1560, 1650 см⁻¹ и возникновение дополнительных водородных связей, за что отвечает характеристическая полоса 3421 см⁻¹ [2]. При 2920 см⁻¹ наблюдается уменьшение количества гидроксильных групп в молекуле поливинилового спирта за счет взаимодействия с полиаминамидной смолой, модифицированной эпихлоргидрином. В связи с этим полоса 2920 см⁻¹

имеет более низкую интенсивность по сравнению с соответствующими полосами на индивидуальных спектрах ПВС и ПААС.

Эти данные также подтверждаются результатами комплексного термического анализа. На ДТГ кривой состава ПВС+ПААС пика плавления и первичной деструкции сдвинуты в область более высоких температур на 15 °С (от 285 до 300 °С) относительно соответствующего пика на кривой ПВС, и на 50 °С (от 250 до 300 °С) - на кривой ПААС. Увеличение температур плавления и первичной деструкции может свидетельствовать об образовании поперечных сшивок за счет образования простых эфирных связей между макромолекулами поливинилового спирта и полиаминамидной смолы, модифицированной эпихлоргидрином. Это должно привести к образованию трехмерной сетчатой структуры, обладающей более высокой термической устойчивостью по сравнению с ПВС. Одновременно происходит увеличение термостабильности самого продукта взаимодействия ПВС и ПААС, на что указывает значительное количество сухого остатка образца после анализа – 17,6% от его первоначальной массы, в то время как чистый поливиниловый спирт в процессе термического анализа разлагается практически полностью - 0,3%.

Рассмотрим результаты анализа спектрограмм модифицированного крахмала, полиаминамидной смолы, модифицированной эпихлоргидрином, и их композиции.

Анализ спектрограмм МК, ПААС и их композиции показал, что на суммарном спектре изменилась интенсивность полос в областях 400 и 1558 см⁻¹, что свидетельствует об образовании дополнительных водородных и простых эфирных связей, вызванных сближением молекул полимеров.

На ДТГ кривой состава отсутствует пик в диапазоне 420-470 °С, который на ДТГ кривой крахмала соответствует разложению его высокомолекулярной составляющей - амилопектина. Также следует отметить снижение термостабильности состава МК+ПААС. Пик термоокислительной деструкции состава сдвинут в область более низких температур относительно соответствующих пиков на кривой МК на 60 °С (от 295 до 235 °С) и на кривой ПААС на 20 °С (от 255 до 235 °С). Это можно объяснить созданием в процессе приготовления образца состава МК+ПААС к анализу условий протекания кислотного гидролиза крахмала (рН=4,5, температура 105 °С), что вызвало дальнейшее расщепление макромолекул модифицированного крахмала на более низкомолекулярные составляющие и привело к деструкции остатков амилопектина.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что между молекулами модифицированного крахмала и полиаминамидной смолы, модифицированной эпихлоргидрином, происходит образование простых эфирных и водородных связей. Но это взаимодействие является менее существенным по сравнению с взаимодействием между компонентами состава ПВС+ПААС. Данные комплексного термического анализа и ИК-спектроскопии позволяют заключить, что в результате взаимодействия происходит формирование сетчатой структуры за счет поперечных сшивок с образованием простых эфирных и дополнительных водородных связей между молекулами ПВС и ПААС.

Таким образом, методами ИК-спектроскопии и комплексного термического анализа установлено, что состав на основе ПВС и полиаминамидной смолы, модифицированной эпихлоргидрином, может использоваться для поверхностной проклейки бумаги для печати. Это обусловлено тем, что полиамидная смола является эффективным сшивающим агентом ПВС и позволяет повысить барьерные свойства по отношению к воде покрытия, нанесенного на поверхность бумаги и целенаправленно управлять ее показателями качества.

Литература

1 Горжанов В.В., Темрук В.И., Новосельская О.А., Соловьева Т.В. Применение поливинилового спирта для улучшения печатных свойств бумаги.

2 Наканиси

УДК 676.088.042

Сравнение макулатурного сырья с другими видами волокнистых полуфабрикатов по длине волокна и фракционному составу

Студентка 5 группы 5 курса факультета ТОВ Грибовская С.Г.,
асп. Костюкевич А.В., асп. Драпеза А.А.

Научный руководитель – Черная Н.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В настоящее время уделяется большое внимание использованию в композиции бумаги и картона макулатуры и древесной массы. Их стоимость ниже стоимости целлюлозных полуфабрикатов, к тому же на размол и фибриллирование, требуется меньше электроэнергии. Поэтому их применение в композиции ведет к снижению стоимости бумажной продукции. Из-за повышенного содержания мелковолокнистой фракции их самостоятельное применение в композиции ограничено и, поэтому, для улучшения ряда свойств (печатных, однородности просвета, впитывающей способности) необходимо водить целлюлозное волокно.

Макулатура содержит большое количество волокнистой мелочи, которая позволяет повысить плотность, однородность просвета, впитываемость. Однако макулатура имеет ряд существенных недостатков: высокий уровень загрязнения, укороченные волокна, так как она проходит несколько циклов обработки, снижение массы метра квадратного готовой продукции, в результате неполного удержания компонентов бумажной массы на сеточном столе бумагоделательных машин (БДМ), снижение прочностных характеристик готовой продукции в связи с использованием в ее композиции коротких волокон макулатуры, имеющих нестабильный фракционный состав. Термомеханическая древесная масса (ТММ) является наиболее перспективным полуфабрикатом, используемым в композиции печатных видов бумаги и картона. Необходимо отметить ряд достоинств технологии и свойств ТММ: высокий выход из древесины, получение высококачественной массы из древесины лиственных пород; возможность использования в качестве сырья технологической щепы и отходов лесопиления; гибкость технологического процесса, позволяющего получать полуфабрикаты с различными свойствами на одном и том же технологическом оборудовании из различных древесных пород; использование для отбеливания пероксида водорода и дитионита натрия при полном исключении хлорсодержащих реагентов; полное отсутствие газовых выбросов в атмосферу; создание замкнутых циклов водопользования с нулевым сбросом сточных вод; применение систем рекуперации пара, позволяющих снизить расход энергии на производство полуфабриката; полная автоматизация технологического процесса; возможность приготовления бумаги для печати, в первую очередь газетной, из 100 % ТММ. Главными недостатками производства древесной массы остаются высокий удельный расход электроэнергии, образование загрязненных химическими соединениями сточных вод, нуждающихся в очистке, и сравнительно низкая стабильность белизны. В рамках работы было проведено сравнение макулатурного сырья с другими видами волокнистых полуфабрикатов по длине волокна и фракционному составу. Такое сравнение позволяет получить представление о влиянии вида волокнистого полуфабриката на параметры загрязненности оборотных вод предприятия.



Рис. 1. Фракционный состав различных пород целлюлозы

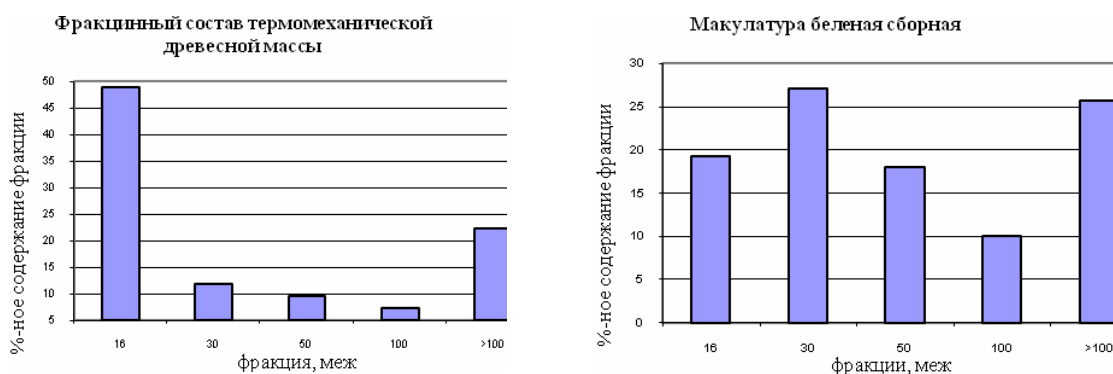


Рис. 2. Фракционный состав макулатуры белой и древесной массы

Для определения фракционного состава применялся фракционер типа Bauer McNett. При этом использовали по 2 фильтра «Черная лента» на каждую фракцию и следующие сетки: 16 нитей на дюйм (отверстие 1,19 мм), 30 нитей на дюйм (0,595 мм), 50 нитей на дюйм (0,297 мм) и 100 нитей на дюйм (0,149 мм).

В ходе исследования фракционного состава пяти волокнистых полуфабрикатов было установлено, что в целлюлозе лиственной содержится 29,53 % мельштоффа и фракции проходящей через сито с сеткой в 30 меш – 39,72 %, в свою очередь макулатура белая содержит 25,74 % мельштоффа и фракции проходящей через сито с сеткой в 30 меш – 27 %. Таким образом, доказано, что сульфитная лиственная целлюлоза наи-

более близка по фракционному составу к макулатуре беленой. Кроме того сульфитная лиственная целлюлоза обладает более стабильным составом. Это позволяет использовать сульфитную лиственную целлюлозу вместо макулатуры при построении различных моделей. Кроме того, из-за повышенного содержания в макулатуре мелковолокнистой фракции (мельштоффа) и присутствия в ней функциональных химикатов возникают трудности при ее переработке. Это связано, прежде всего, с попаданием в подсеточную воду загрязняющих веществ. Поэтому при использовании макулатуры в производстве бумаги и картона необходимо учитывать этот недостаток. На наш взгляд, одним из перспективных способов решения вышеперечисленных трудностей является применение в композиции бумажной массы бинарных систем вспомогательных химических веществ (БСВХВ). При этом загрязненность сточных вод мельшоффом уменьшается на 10–15%.

Литература

1. Иванов, С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 696 с.
2. Черная, Н.В. Технология бумаги и картона: методическое пособие по лабораторным занятиям. / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович – Минск БГТУ, 2006. – 58 с.
3. Осипов, П.В. Воспоминания о будущем: электрокинетический потенциал бумажной массы / П.В. Осипов, Д. Мюнх // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2001. – № 3–4. – С. 16–20.

УДК 621.928.37 + 621.928.93

Устройство для снижения потерь давления в циклонных аппаратах

Студент гр. 2 Шалухо М.И., аспирант Мисюля Д.И., студент гр. 2 Русакович Ю.Л.

Научный руководитель – Кузьмин В.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Одним из наиболее распространенных техногенных загрязнителей атмосферного воздуха являются различного рода пыли, содержащиеся в отходящих промышленных газах. Во всех технологических процессах, при которых происходит пыление (сушка и обжиг зернистых и порошковых материалов, тонкое измельчение и классификация полидисперсных материалов, функционирование пневмотранспорта и др.) необходимо проводить обеспыливание.

Циклонные аппараты являются самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями благодаря дешевизне, простоте устройства и обслуживания, высокой производительности [1].

Известно, что основные потери в циклоне связаны с вращательным движением газа и с потерей кинетической энергии выходящего вихревого потока [2]. Для преобразования последних в энергию давления используют регенераторы давления, выполненные в виде лопастных раскручивателей.

Циклоны типа ЦН-15, обеспечивающие достаточно высокую эффективность при умеренном гидравлическом сопротивлении, являются наиболее универсальным типом циклонов [3], энергопотребление которых может быть снижено на 20% с помощью известных типов раскручивающих устройств [4]. Однако по данным [5], потери энергии в выхлопной трубе достигают 25–30 %. В то же время, учитывая высокую значимость проблемы снижения энергозатрат, совершенствование и внедрение устройств регенерации тепловой энергии является безусловно актуальной задачей.

В связи с этим нами разработана и исследована новая конструкция лопастного раскручивателя для снижения потерь давления в циклонах, представленная на рис. 1.

Раскручиватель, располагаемый в выхлопной трубе циклона, состоит из цилиндрической части 1 с радиально прикрепленными, изогнутыми по направлению вращения газового потока, лопастями 2 и конуса 3. Профиль лопастей 2 соответствует дуге окружности радиусом R с углом входа α , определяемым аэродинамикой газового потока в выхлопной трубе, и углом выхода, соответствующим прямолинейному движению газа. Данный профиль лопастей способствует наиболее равномерному изменению направления движения газа.

Исследования гидравлического сопротивления проводились на незапыленном атмосферном воздухе при температуре 20°C на циклоне ЦН-15, изготовленном из оргстекла, с внутренним диаметром 0,24 м в соответствии с рекомендованной НИИОГАЗом методикой [6]. Условная скорость газа изменялась в интервале $w = 2\div 4$ м/с, соответствующему практически используемому диапазону рабочих скоростей для данных циклонов.

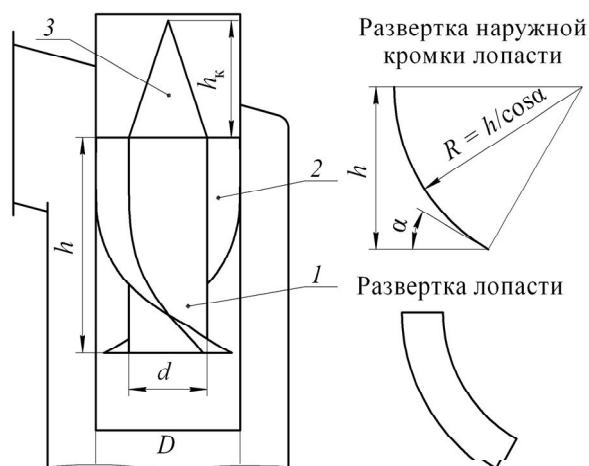


Рис. 1. Конструкция лопастного раскручивателя:

1 – цилиндрическая часть (сердечник); 2 – лопасти; 3 – конус; 4 – обтекатель;
 d – диаметр сердечника; D – внутренний диаметр выхлопной трубы; h – высота лопастей; h_k – высота конуса; α – угол входа потока на лопасти; R – радиус кривизны профиля лопасти

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение разработанного лопастного раскручивающего устройства в циклонах ЦН-15 позволяет преобразовать кинетическую энергию вращательного движения очищенного газового потока в статическое давление, снижая при этом их энергопотребление на 30%.

Литература

1. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий: в 2 ч. / Г. М. Островский [и др.]. – СПб.: Профессионал, 2006. Ч. 2. – 916 с.
2. Идельчик, И. Е. К вопросу о гидравлическом сопротивлении циклонов / И. Е. Идельчик // ИФЖ. – 1969. – Т. XVI, № 5. – С. 899–901.
3. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 3 т. / А. С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т. 2. – 2-е изд., перераб. и доп. – 1025 с.
4. Первов, А. А. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонов и разработка устройств для снижения их гидравлического сопротивления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.01 / А. А. Первов; Всесоюз. дважды ордена трудового Красного знамени теплотехнический НИИ им. Ф. Э. Дзержинского. – М., 1973. – 20 с.
5. Первов, А. А. К вопросу о потерях давления в циклоне / А. А. Первов // Сб. Промышленная очистка газов и аэродинамика пылеулавливающих аппаратов. НИИОГАЗ – Ярославль, 1975. – С. 15–19.
6. Идельчик, И. Е. Гидравлическое сопротивление циклонов, его определение, величина и пути снижения / И. Е. Идельчик // Механическая очистка промышленных газов / НИИОГАЗ; под ред. к.т.н. Б. Ф. Подошевникова. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 135–159.

УДК 547.78

Новые реагенты для экстракции металлов ряда 4-ацилизоксазолонов

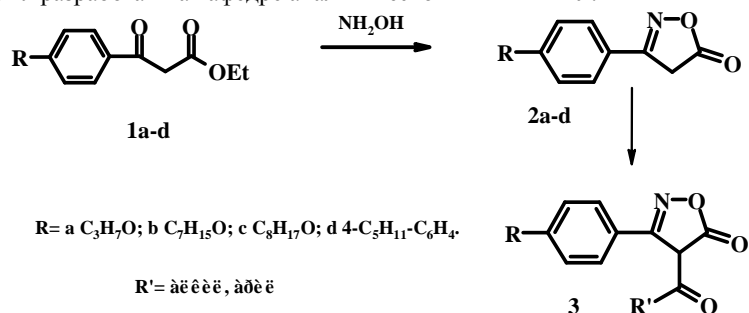
Студент гр. 7, 3 курса факультета ХТИТ Половков М.А.
 Научный руководитель – Ковганко В.Н.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Замещенные 4-ацилизоксазолонны используются в качестве аналитических реагентов для экстракции металлов [1-3]. Их предложено использовать для экстракции железа (III), меди (II), лантаноидов и многих других металлов. При этом разработаны методики, в которых замещенные 4-ацилизоксазолонны применяются для селективной экстракции металлов из растворов нескольких солей.

Известные методы синтеза 4-ацилизоксазолонов включают ацилирование замещенных изоксазолонов. Соответствующие замещенные изоксазолоны в свою очередь могут быть получены реакцией β -кетоефиров с производными гидроксиламина. При анализе литературных данных нами было установлено, что используемые 4-ацил-изоксазолоны получают в основном из простейших β -кетоефиров. Однако введение различных заместителей может привести к существенному улучшению экстрагирующей способности. Это делает актуальным получение новых соединений ряда 4-ацилизоксазолонов.

Создание и применение различных аналитических реагентов, на наш взгляд, может быть расширено за счет использования 3-арил-изоксазолонов с различными типами заместителей в арильной части молекул. Такая модификация может привести к значительному улучшению многих важных параметров. Для проверки этого предположения нами предпринят синтез новых веществ ряда 3-арил-4-ацил-изоксазолонов.

В качестве исходных соединений нами использованы замещенные β -кетоефиры **1a-d**, метод получения которых недавно был разработан на кафедре аналитической химии БГТУ.



Замещенные 3-арил-5-изоксазолоны **2a-d** синтезированы с выходами 90 – 95% реакцией соответствующих β -кетоефиров **1a-d** с гидроксиламином гидрохлоридом в присутствии ацетата натрия. Строение синтезированных соединений подтверждено данными ИК, УФ и ЯМР спектров. Нами также изучено ацилирование изоксазолона **2a** под действием ангидрида уксусной кислоты в присутствии ацетата натрия. О дальнейших результатах данной работы будет сообщено дополнительно.

Литература.

1. B.R. Reddy, J.R.Kumar, A.V. Reddy. 3-Phenyl-4-acyl-5-isoxazolones as reagents for liquid-liquid extraction of tetravalent zirconium and hafnium from acidic chloride solutions. // J. Braz. Chem. Soc. – 2006. – Vol. 17, № 4. – P. 780-784.
2. J.Arichi, G.Goetz-Grandmont, J.P.Brunette. Solvent extraction of europium(III) from nitrate medium with 4-acyl-isoxazol-5-ones and 4-acyl-5-hydroxy-pyrazoles. Effect of salts and diluents. // Hydrometallurgy. – 2006. – Vol. 82. – P. 100-109.
3. S.K.Sahu, V.Chakravorty, M.L.P.Reddy, T.R. Ramamohan. The Synergistic Extraction of Thorium(IV) and Uranium(VI) With Mixtures of 3-Phenyl-4-Benzoyl-5-Isoxazolone and Crown Ethers. // Talanta.– 2000. – Vol. 51. – P. 523-530.

УДК 621.1

Применение аппроксимационных уравнений для определения степени диссоциации CO_2 и H_2O при расчетах теоретической температуры горения

Студент 6 гр. 4 курса Яндюльский А.Г.

Научный руководитель – Калишук Д.Г.

Белорусский государственный технологический университет
г.Минск

В теплоэнергетических установках, при проведении многих теплотехнических и термохимических процессов в химических и смежных производствах (обжиг колчедана, керамических изделий, получение цемента и т. д.) в качестве теплоносителя используются топочные газы (продукты сгорания различных топлив). Для корректных расчетов материальных и тепловых балансов, например, проводимых для установления расходов топлива и окислителя, а также для определения факторов кинетики теплообмена между топочными газами и рабочим телом (холодным теплоносителем) необходимо с высокой точностью определить теоретическую температуру горения и состав продуктов сгорания. Предварительным этапом расчетов является определение адиабатной температуры горения и состава продуктов сгорания при этой температуре. Данные расчеты ведутся без учета диссоциации CO_2 и H_2O и эндотермичности указанных процессов. При температуре, не превышающей 1500, диссоциация CO_2 и H_2O незначительна, поэтому понижением значения

теоретической температуры по сравнению с адиабатной, а также изменением состава продуктов сгорания за счет диссоциации пренебрегают [1].

В результате сжигания высококалорийных топлив при малых коэффициентах избытка воздуха теоретическая температура горения превышает, чувствительно возрастая при применении предварительно подогретого дутья. В таком случае при расчетах следует выполнять этап по уточнению теоретической температуры горения и уточнению состава продуктов сгорания с учетом эффектов диссоциации.

Теоретическая температура горения, °С, с учетом эндотермического эффекта диссоциации рассчитывается по уравнению

$$t_{\text{оаи } \delta} = \left(Q_i^p + v_{i\epsilon} c_{i\epsilon} t_{i\epsilon} + c_{\delta} t_{\delta} - q_{\text{а}} \right) / \sum_{i=1}^n (v_i c_i), \quad (1)$$

где Q_i^p – нижняя теплота сгорания топлива, Дж/кг;

$v_{\text{ок}}$ – объем окислителя, расходуемого на сжигание 1 кг топлива, м³;

i – объемные теплоемкости окислителя и i -го продукта сгорания соответственно, Дж/(м³·°С);

$t_{i\epsilon}$ – температуры окислителя и топлива соответственно;

c_{δ} – теплоемкость топлива, Дж/(кг);

$q_{\text{а}}$ – суммарный тепловой эффект диссоциации в расчете на 1 кг топлива, Дж/кг;

v_i – объем (выход) i -го продукта сгорания в расчете на 1 кг топлива, м³.

При диссоциации CO₂ и H₂O суммарный тепловой эффект диссоциации вычисляется [2]

$$q_{\text{а}} = \left(1,264v_{\text{N}_2} + 1,080v_{\text{H}_2} + 0,705v_{\text{H}_2\text{O}} \right) \cdot 10^7, \quad (2)$$

где v_i – выход CO, H₂ и OH в расчете на 1 кг топлива, м³.

Величины зависят от степеней диссоциации CO₂ и H₂O ϕ и ϕ_{i_2i} соответственно. Аналитический расчет ϕ и ϕ_{i_2i} ведется многоступенчато по сложным зависимостям и трудоемок [2, 3].

Число уравнений в системе для определения теоретической температуры горения варьируется от семи до одиннадцати, сама система решается методом приближений. Исходные данные для системы уравнений принимаются, ориентируясь на адиабатную температуру горения и выход продуктов сгорания при ней. В справочнике [2] также излагается графоаналитическая методика расчета теоретической температуры горения, основанная на аналитической. Она по сравнению с аналитической снижает трудоемкость расчетов за счет уменьшения числа выполняемых приближений.

С целью дальнейшего снижения трудоемкости расчетов теоретической температуры горения нами предложено определять выход продуктов диссоциации, используя эмпирические зависимости степени диссоциации CO₂ и H₂O от их парциального давления в продуктах сгорания и температуры.

При сжигании большинства промышленных топлив с использованием в качестве окислителя кислорода воздуха объемное содержание в продуктах сгорания не превышает 12%, а H₂O – 20%. Поэтому при получении корреляционных зависимостей степеней диссоциации CO₂ и H₂O нами использованы табличные данные [4] парциальных давлений P до 1,37·10⁴ Па и до 2,45·10⁴ Па. Диапазон температур t составлял от 1600 до 2500°С. Предварительный анализ зависимостей $\phi = f(P)$, перебор и анализ различных функций $\phi = f(t, P)$ привел нас к выводу, что достаточно высокую точность при относительной простоте для корреляции степени диссоциации имеет уравнение вида

$$P^{-a} [B + C \cdot t + D (t + E)^2 + F (t + G)^3 + H (t + K)^4], \quad (3)$$

где $a, B, C, D, E, F, G, H, K$ – коэффициенты.

Следует отметить, что хорошая сходимость результатов расчетов по уравнению (3) с данными работы [4] для диссоциации CO₂ достигается, если коэффициенты отдельно подбираются для диапазонов температур от 1600 до 1900 и от 1900 до. Значения полученных нами коэффициентов приведены в таблице.

Таблица – Коэффициенты уравнения (3)

Диссоциация	a	B	$C, \cdot 10^{-3}$	$D, \cdot 10^{-5}$	E	$F, \cdot 10^{-9}$	G	$H, \cdot 10^{-13}$	K
CO ₂ при t от 1600 до 1900	0,323	12,0	3,125	-1,556	–	40,61	–	-42,54	179
	0,247	11,0	3,090	-1,557	–	29,28	–	-26,44	1098
	0,333	0,107	3,325	-1,556	660	2,464	659	0,427	659

Сравнение значений ϕ , заимствованных из работы с рассчитанными по уравнению (3), показало, что максимальное относительное отклонение их величин не превышает 8%, а среднее квадратичное – 2,5%. Расчеты и анализ показали, что при применении уравнения (3) для расчетов теоретической температуры горения эта температура определяется с отклонением не более 0,5% от ее величины, рассчитанной по другим

методикам. При применении нашего метода трудоемкость вычислений снижается за счет уменьшения числа уравнений в системе.

Литература

1. Теплотехнический справочник. Т 1 / Под общ. ред. В.Н.Юренева и П.Д.Лебедева. – М.: Энергия, 1975. – 743 с.
2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 560 с.
3. Померанцев, В.В. Основы практической теории горения / В.В.Померанцев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
4. Равич, М.В. Газ и эффективность его использования в народном хозяйстве / М.В.Равич. – М.: Недра, 1987. – 238 с.

УДК 544.654.2:546.74

Осаждение никелевых покрытий из низкотемпературного электролита на стальную подложку

Студентка 11 гр. V к., ф-та ХТИТ Антихович И.В.

Научный руководитель – Черник А.А.

Белорусский государственный технологический университет
г.Минск

Процесс осаждения никеля является одним из основных в гальванотехнике. Широкое использование никеля в гальванотехнике объясняется его физико-механическими и химическими свойствами. Никель, являясь защитно-декоративным покрытием, в паре Ni-Fe может защищать Fe от коррозии только при условии полной беспористости покрытия, так как у него более положительный потенциал. Никелем покрывают хирургические инструменты, предметы домашнего обихода, молочную посуду, детали самых различных приборов и аппаратов.

Большинство электролитов эксплуатируемых в данный момент требуют повышенных температур ($\approx 50-55^\circ\text{C}$). Это влечет к дополнительным энергозатратам. Поэтому, с целью снижения энергозатрат и повышения энергоэффективности проводились исследования процесса нанесения никелевых покрытий из электролита работающего при более низкой температуре. В качестве исследуемого был выбран сульфатный электролит с молочной кислотой. Молочная кислота применяется в пищевой промышленности (Е 270), широко распространена в природе, является интермедиатом процессов обмена в биологических тканях, легко биоразлагаема и поэтому экологически безопасна.

Осаждение покрытий проводили из электролита состава, г/л: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 189-238, молочная кислота (80% раствор) – 23-30 мл/л, $\text{pH}=1,5-3$, $T=20-35^\circ\text{C}$. Качество покрытий определяли визуально. Перемешивание осуществляли магнитной мешалкой.

Исследования электрохимических свойств покрытий проводили потенциостатическим методом. Потенциостатический метод заключается в ступенчатом изменении потенциала электрода и фиксации плотностей тока при каждом заданном значении потенциала. Исследования проводились с шагом 20мВ в катодную и анодную область до тока достижения максимальной плотности тока $10 \text{ A}/\text{dm}^2$. Снятие потенциостатических проводились в стандартной трехэлектродной ячейке с помощью потенциостата ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8.

На рисунке 1 отражена зависимость потенциала от тока при различном pH. Как следует из рисунка увеличение pH увеличивает поляризацию как катодного, так и анодного процессов что должно приводить к увеличению доли тока на основной процесс восстановления ионов Ni^{2+} и увеличению выхода по току никеля.

Как следует из рисунка 2 наибольшая катодная поляризация наблюдается на стали, наименьшая - на никеле. Это указывает на большие затруднения при кристаллизации никеля на чужеродной основе. По мере выравнивания природы осаждаемого покрытия и основы перенапряжение поляризации уменьшается.

С целью определения диапазона рабочих плотностей тока проводили анализ электролитов при помощи ячейки Хулла. Электроосаждение проводилось в течение 10 минут на заранее подготовленную пластину. Сила тока составила 1А. После осаждения покрытия пластину тщательно промыли проточной водой, высушили и подвергли визуальному осмотру. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Как следует из таблицы, в электролите с молочной кислотой весьма существенным является поддержание величины pH электролита. Из сильноокислых растворов никель практически не осаждается и идет ряд лишь ионов водорода. С другой стороны, из растворов близких к нейтральным, на катоде образуется гидрат закиси никеля, который, включаясь в никелевые осадки, делает их шероховатыми, темными и хрупкими. При $\text{pH} \sim 2,5$ рабочий интервал плотностей тока составляет $0,7 - 2,2 \text{ A}/\text{dm}^2$.

Выход по току никеля в стационарных условиях составлял 76 и 86 % соответственно при 1 и 0,5 А/дм². Такая зависимость выхода по току от плотности тока указывает на достаточно большую рассеивающую способность электролита что положительно будет влиять на получение равномерных покрытий на сложнопрофильную поверхность. Проведение процесса осаждения при перемешивании привело к увеличению выхода по току, а также улучшению внешнего вида покрытия, исчезновению питтинга.

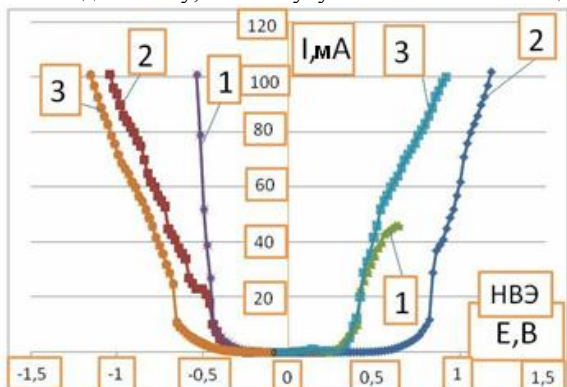


Рисунок 2 – Поляризационные кривые на никеле при различных рН: 1 – рН=1,5; 2– рН=2,17; 3 – рН=2,52.

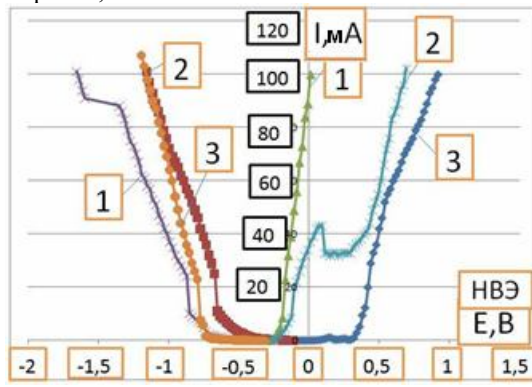


Рисунок 3 – Поляризационные кривые в электролите №2 на катодах различной природы (рН=2,52). 1 – сталь; 2 – сталь/никелевое покрытие; 3 - никель.

Таблица 1 – Зависимость внешнего вида покрытия от плотности тока покрытия.

Расстояние ближнего катода, мм	Плотность тока (А/дм ²) при силе тока, А	Внешний вид покрытия на основе молочной кислоты рН=1,5	Внешний вид покрытия на основе молочной кислоты рН=2,44
10	5,1	полублестящее	напряженное
15	4,2	матовое	напряженное
20	3,5	матовое	напряженное
25	3,0	матовое	блестящее
30	2,6	матовое	блестящее
35	2,2	матовое	блестящее
40	1,9	нет	блестящее
45	1,7	нет	блестящее
50	1,4	нет	блестящее
55	1,2	нет	блестящее
60	1,0	нет	блестящее
65	0,8	нет	полублестящее
70	0,7	нет	матовое
75	0,5	нет	матовое
80	0,4	нет	матовое

Таким образом, в ходе работы были изучены состав, свойства и рабочие интервалы плотностей тока низкотемпературного электролита никелирования. Установлено, что для осаждения гладких, мелкозернистых покрытий с высоким выходом по току необходимо поддерживать рН в интервале 2-3. Перемешивание увеличивает выход по току и уменьшает питтингообразование.

УДК 541.127:541.138.2:661.2:661.666.2.

Извлечение металлических компонентов в процессе электрохимической утилизации отходов инструментального производства

Студентка V к. 8 гр. факультета ТОВ Фалей А.А.
 Научный руководитель – Курило И.И.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Разработка комплексных ресурсосберегающих экологически безопасных технологий утилизации отработанного алмазно-абразивного инструмента на металлических связках и металлсодержащих отходов ин-

струментального производства наряду с рекуперацией сверхтвердых материалов предполагает извлечение дорогостоящих металлических компонентов. Литературные данные, а также проведенные ранее исследования показали перспективность использования для этих целей электрохимических методов.

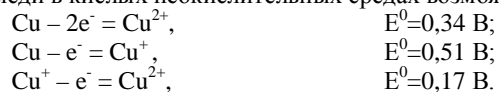
Для разработки комплексных электрохимических технологий утилизации отходов инструментального производства с одновременным извлечением металлических компонентов определяющим моментом является исследование катодных процессов селективного и совместного выделения металлов связки из рабочего раствора.

Объектом исследований были алмазно-металлические композиции (АМК) на основе наиболее распространенных в настоящее время бронзовых связок (медь – 80 масс.%, олово – 20 масс.%), содержащие до 50 об.% синтетических алмазов.

Изучение кинетических особенностей катодного восстановления металлов, входящих в состав АМК, проводили с использованием методы циклической хроновольтамперометрии в растворах серной и соляной кислот с различными добавками. Добавки вводились с целью интенсификации процесса анодного растворения АМК, а также для получения на катоде компактных металлических осадков. Для приготовления растворов электролитов использовали реактивы марки х.ч. Предварительная подготовка электродов проводилась согласно ГОСТ 9.305-84. В качестве катода использовали титан с гладкой поверхностью марки ВТ0-1, который обеспечивает легкость съема катодного осадка, обладает высокой коррозионной стойкостью и длительным ресурсом работы. Потенциал электродов измеряли относительно насыщенного хлорсеребряного электрода при температуре опыта.

Основными факторами, определяющими возможность извлечения меди и олова в виде катодных осадков или химических соединений, пригодных для дальнейшего использования, являются состав электролита и режим электролиза (катодная и анодная плотности тока, электродные потенциалы, гидродинамический и температурный режимы).

При анодном растворении меди в кислых неокислительных средах возможны следующие процессы:



Концентрация одновалентной меди в сернокислых электролитах при комнатной температуре мала и при 25 °С равна $3,4 \cdot 10^{-4}$ г/л. Однако с увеличением температуры равновесие в системе $\text{Cu} - \text{Cu}^+ - \text{Cu}^{2+}$ сдвигается в сторону образования ионов одновалентной меди. При 55 °С концентрация Cu^+ возрастает до $5 \cdot 10^{-3}$ г/л.

При низких плотностях тока анодное растворение АМК на основе оловянистой бронзы протекает преимущественно с образованием ионов Cu^{2+} . При увеличении плотности тока наряду с образованием ионов двухвалентной меди, наблюдается процесс образования Cu^+ . При увеличении концентрации серной кислоты в электролите содержание ионов одновалентной меди практически не изменяется. Введение в сернокислый электролит хлорид-ионов приводит к существенному увеличению концентрации Cu^+ в процессе анодного растворения АМК, что можно объяснить образованием устойчивых в этих средах комплексных ионов CuCl_2^- и CuCl_3^{2-} . По этой же причине при анодном растворении АМК на основе оловянистой бронзы в сульфат-хлоридных растворах ионизация меди идет по двум механизмам: в одну стадию до двухвалентного состояния, а также стадийно с образованием одновалентной меди и ее окислением до двухвалентного состояния. Установлено, что в растворах соляной кислоты ионизация меди идет преимущественно с образованием устойчивых комплексов Cu^+ .

Образующийся при электрохимическом растворении олова сульфат или хлорид Sn^{2+} легко подвергается гидролизу, образуя основные малорастворимые соли, частично выпадающие в шлам. При дальнейшей анодной поляризации ионы двухвалентного олова окисляются до четырехвалентного состояния. При подщелачивании в прикатодной области ионы Sn^{4+} образуют взвеси гидратированных оксидов. Образующиеся в процессе анодного окисления АМК малорастворимые соединения олова легко выделяются при фильтрации рабочего электролита.

Хроновольтамперометрические исследования процессов катодного осаждения металлов связок показали, что при растворении АМК на основе оловянистой бронзы в сернокислых растворах (1 М H_2SO_4) возможен процесс раздельного осаждения олова (от –0,33 до –0,23 В) и меди (от –0,15 до 0,25 В). Введение в сернокислый электролит добавок хлорид-ионов (до 5 г/л) приводит к значительному увеличению предельного катодного тока и, следовательно, скорости осаждения металлов в 1,5–2,5. Дополнительное введение сульфат-ионов в сернокислый электролит также несколько увеличивает предельный ток и скорость осаждения меди и смещает потенциал начала осаждения металла в область положительных значений.

В солянокислых электролитах (1 М HCl) при растворении АМК, содержащих бронзу, наблюдается селективное извлечение металлов связки: в области потенциалов от –0,4 до –0,22 В – осаждение олова, в области потенциалов от –0,12 до +0,2 В – осаждение меди.

При растворении АМК в сернокислом электролите, содержащем 2,5–25 г/л ионов меди (II) максимальная скорость катодного восстановления меди увеличивается от 20 до 220 г/(м²·с). Установлено, что при

более высоком содержании ионов меди в растворе существенно усиливается анодная пассивация при растворении АМК, что делает такие электролиты непригодными для утилизации отходов инструментального производства.

Введение в сернокислый электролит депассиваторов (хлорид-ионов, 5–10 г/л), комплексообразователей (аммиака, 10 г/л; Трилона Б, 10 г/л) не только позволяет достичь максимальных скоростей анодного растворения АМК, но и существенно интенсифицировать катодный процесс с получением более компактных осадков меди. При этом энергозатраты на катодное выделение меди снижаются на 20–30%, что объясняется преимущественным восстановлением комплексных соединений одновалентной меди.

Повышение температуры электролита в процессе анодного растворения АМК приводит к существенному увеличению предельных токов осаждения меди и растворимости продуктов анодного окисления АМК. Это способствует интенсификации процесса катодного выделения металлов, уменьшению пассивационных явлений на поверхности анодов и позволяет применять более концентрированные растворы. Повышение температуры также приводит к увеличению электропроводности электролита и, как следствие, к значительному уменьшению общего напряжения электролиза и снижению удельных энергозатрат на процесс утилизации отходов инструментального производства.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить кинетические особенности и выявить общие закономерности электрохимического выделения поливалентных металлов, входящих в состав АМК на основе бронзовых связок. Установлен селективный характер извлечения металлических компонентов, обусловленный различием электрохимической природы и валентными состояниями меди и олова. Определено влияние ионного состава электролита и режима электролиза на процессы извлечения металлов связок в виде катодных осадков или химических соединений, пригодных для дальнейшего использования, непосредственно в процессе электрохимического растворения АМК.

Проведенные исследования могут быть использованы для разработки экологически безопасных комплексных технологий утилизации лома и отходов инструментального производства на основе оловянистой бронзы с одновременным извлечением металлов связки.

УДК 676.017.028.3

Исследование влияния химических добавок на процесс размола волокнистой суспензии при изготовлении бумаги и картона

Студентка 5 группы 5 курса факультета ТОВ Попеня Т.В., асп. Драпеза А.А.
Научный руководитель – Черная Н.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Процесс размола играет важную роль при производстве высококачественных видов бумаги и картона, т.к. волокна становятся гибкими, пластичными, увеличивается их адсорбционная поверхность и им сообщается определенная степень гидратации, что благоприятно влияет на бумагообразующие свойства волокон [1].

Размол волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности связан с высоким расходом электрической энергии. Большое внимание уделяется мероприятиям, которые ведут к снижению расхода энергии при размолу волокнистого сырья. Одним из перспективных мероприятий является введение в волокнистую суспензию химических добавок, которые укоряют размол и придают бумаге необходимые свойства [2]. К ним, на наш взгляд, относятся: акриловый водорастворимый полимер ВРП-3 (ТУ РБ 00280198.024-99), крахмал (ТУ 9187-076-00334735-01) и гидроксид натрия NaOH (ГОСТ 4328-77).

В результате введения химических добавок на стадии размола происходит сокращение времени достижения нужной степени помола и, как следствие, уменьшение расхода энергии на процесс размола и увеличения производительности бумаго- и картоноделательного оборудования [3].

Цель работы – изучение влияния химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) на скорость процесса размола и физико-механические показатели качества бумаги и картона.

Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы бумаги массой 80 г/м² и картона массой 340 г/м². В качестве волокнистого полуфабриката при проведении исследования использовали целлюлозу белёную сульфатную из лиственных пород древесины (ТУ 5411-029-00279195-2006).

Расход химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) составлял 1,05% от а. с. в. Концентрация растворов химических добавок составляла 0,5 %.

Размол целлюлозы проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1 при частоте вращения двигателя мельницы 1600 об/мин и межножевом зазоре 0,2 мм. Размол осуществлялся до степени помола волокнистой суспензии 50°ШР.

Образцы бумаги массой 80 г/м² получали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (фирма «Emst Naage», Германия). Физико-механические показатели образцов бумаги оценивали разрывной длиной, разрушающим усилием в сухом состоянии, сопротивлением разрыву, удлинением, поглощением энергии при разрыве, модулем Юнга и жесткостью [4]. Эти показатели определяли по ISO 1924-2 на разрывной машине фирмы «Lorentzen & Wettre» (Швеция).

Зависимость степени помола волокнистой суспензии от времени размол с использованием химических добавок и без добавок представлена на рис. 1.

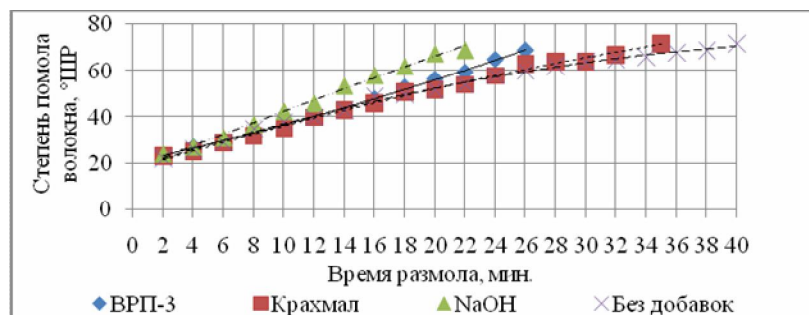


Рисунок 1 – Изменение степени помола волокна в процессе размол целлюлозы в зависимости от химической добавки

Результаты испытаний изготовленных образцов бумаги приведены в таблице 1.

Таблица 1– Показатели качества бумажных образцов

Химическая добавка	Показатели качества						
	Разрушающее усилие в сухом состоянии $P_{свх}$, Н	Сопротивление разрыву, кН/м	Разрывная длина РД, км	Удлинение, мм	Поглощение энергии при разрыве, Дж/м ²	Модуль Юнга, ГПа	Жёсткость, кН/м
ВРП-3	79,25	5,29	6,12	1,87	68,97	5,13	709,10
Крахмал	80,75	5,38	6,35	2,30	86,10	5,05	631,75
NaOH	53,37	3,56	5,68	1,69	38,7	5,47	608,56
Без добавок							
–	72,20	4,82	6,33	1,79	62,88	5,52	674,37

Как видно из рисунка 1 и таблицы 1, введение химических добавок ускоряет процесс размол и увеличивает физико-механические показатели качества бумаги и картона. Так, наиболее быстро целлюлоза размалывается с использованием в качестве химической добавки NaOH. Степень помола волокнистой массы 50°ШР достигается в течение 13 минут. Время размол при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 составляет 17 минут, что меньше, чем при добавлении NaOH, но превышает время размол при использовании в качестве добавки крахмала (19 мин). Аналогичные зависимости получены нами при изготовлении образцов картона. Отличие состояло в том, что физико-механические показатели образцов картона превышали на 15-20 % по сравнению с образцами бумаги.

Лучшие физико-механические показатели качества достигаются при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3. Так как при введении NaOH механическая прочность снижается (так разрывная длина уменьшается с 6,33 м до 5,68 м). Это связано с тем, что происходит деструкция и удаление гемицеллюлоз из целлюлозного волокна. Показатели качества при введении крахмала отличаются незначительно от показателей качества образцов бумаги при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 (приблизительно на 1%), но при этом скорость размол ниже. Также использование химических добавок при размол вызывает снижение белизны бумаги. Меньше всего на белизну влияет водорастворимый полимер ВРП-3.

Таким образом на основании исследований можно сделать вывод о том, что для сокращения времени размол и достижения наилучших показателей качества бумаги рекомендуется применять водорастворимый акриловый полимер ВРП-3. Использование этой добавки позволит снизить расход энергии на процесс размол на 3–5%, что имеет важное практическое и экономическое значение.

Литература

1. Фляте, Д.М. Технология бумаги. / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 440 с.
2. Иванов, С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 695 с.
3. Фляте, Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.

4. Черная, Н.В. Технология бумаги и картона: методическое пособие по лабораторным занятиям / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович. – Минск: БГТУ, 2006. – 58 с.

УДК 666.291.5

Применение глин месторождений Республики Беларусь для получения кордиеритсодержащих материалов

Студент гр. 9 Пытько И.Л.

Научный руководитель – Попов Р.Ю.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Использование современных установок для проведения высокотемпературных процессов, а также модернизация существующих тепловых агрегатов предъявляют повышенные требования к качеству используемых изделий, в частности, термостойких материалов, работающих в условиях резких перепадов температур, не разрушаясь при этом и сохраняя высокие показатели механических, электро- и теплофизических свойств.

Наиболее важным свойством для подобных материалов является термостойкость, оцениваемая по температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР).

Интерес для получения термостойких керамических изделий представляют кордиеритсодержащие материалы, отличительной характеристикой которых является малый температурный коэффициент линейного расширения, а, следовательно, высокая термостойкость. Кроме этого, они обладают рядом положительных качеств: достаточной химической стойкостью, определенными электрофизическими свойствами, а также доступностью сырьевых материалов.

Наряду с этим, керамика обладает узким интервалом спекания (15 – 30 °С), и относительно высокой температурой синтеза (выше 1350 °С). При этом следует учитывать и тот факт, что в Республике Беларусь выпуск подобных материалов весьма ограничен, поскольку республика не обладает высококачественными сырьевыми материалами и, в первую очередь глинами. Хотя потребность в кордиеритсодержащих изделиях высока. Потребителями такой керамики являются станкостроительные и автомобилестроительные заводы, тяжелая и легкая промышленность.

Ввиду того, что изделия из кордиеритсодержащей керамики в республике являются предметом импорта, существует определенная зависимость предприятий от поставщиков.

Использование отечественных сырьевых материалов позволило, хотя бы частично, решить вопросы импортозамещения.

В связи с вышесказанным, на кафедре технологии стекла и керамики проводятся исследования, направленные на вовлечение местных видов сырья в производство технической керамики. Для этих целей используются легкоплавкие и тугоплавкие глины месторождений Республики Беларусь.

Исследования показывают, что легкоплавкие глины возможно применять для получения термостойких кордиеритсодержащих материалов, однако при этом следует несколько ограничить температуру эксплуатации изделий до 1100 – 1250 °С (в зависимости от минерального типа глин) для предотвращения риска деформации их при эксплуатации.

Получены положительные результаты, которые могут представлять как научный, так и практический интерес.

СОДЕРЖАНИЕ