

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XVI Республиканской студенческой научно-технической конференции

22 – 24 апреля 2015 года

Минск
БНТУ
2015

УДК 669 (082)
ББК 34.3
Н 76

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Иванов И.А., декан механико-технологического факультета, д-р техн. наук, профессор

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Белявин К.Е., д-р техн. наук, профессор;
Константинов В.М., д-р техн. наук, профессор;
Крутилин А.Н., канд. техн. наук, доцент;
Немененок Б.М., д-р техн. наук, профессор;
Трусова И.А., д-р техн. наук, профессор;
Лазаренков А.М., д-р техн. наук, профессор;
Алексеев Ю.Г., канд. техн. наук, доцент;
Слуцкий А.Г., канд. техн. наук, доцент;
Керженцева Л.Ф., канд. техн. наук, доцент;
Меженцев А.А., канд. техн. наук, доцент.

РАБОЧАЯ ГРУППА

Любимов В.И., канд. техн. наук, доцент;
Рафальский И.В., канд. техн. наук, доцент;
Пантелеенко А.Ф., ассистент;
Вейник В.А., ст. преподаватель;
Одинокко В.Ф., канд. техн. наук, доцент;
Науменко А.М., канд. техн. наук, доцент;
Проворова И.Б., канд. техн. наук, доцент;
Ратников П.Э., канд. техн. наук, доцент;
Гмырак В.Н., помощник ген. директора НТП БНТУ «Политехник»

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Кулинич И.Л.
СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ
Журневич А.В.

В настоящий сборник включены материалы докладов XVI Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки», участники которой выступали по следующим направлениям: «Литейное производство чёрных и цветных металлов», «Материаловедение в машиностроении», «Машины и технология литейного производства», «Машины и технология обработки металлов давлением», «Металлургические процессы», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Химические технологии», «Молодёжные инновационные проекты. Организация и управление инновационными предприятиями при университетах».

В 2014 году на 69 году жизни трагически погиб известный ученый в области литейного производства, д-р технических наук, профессор, Лауреат Госпремии РБ, заведующий кафедрой «Машины и технология литейного производства», главный редактор журнала «Литье и металлургия», Председатель Ассоциации литейщиков и металлургов Республики Беларусь Давыд Михайлович Кукуй.

Д.М. Кукуй родился в г. Минске в 1946 г. В 1969 году окончил Белорусский политехнический институт и был распределен на кафедру «Машины и технология литейного производства», где прошел путь от инженера до заведующего кафедрой. В 1974 году защитил кандидатскую, а в 1987 г. – докторскую диссертации. В 1990 году получил ученое звание профессора.

Д.М. Кукуй является создателем белорусской научной школы литейных композиционных материалов, достижения которой известны далеко за пределами нашей страны.

В 1990 г. Д.М. Кукуй стал Лауреатом Государственной премии БССР в области науки и техники, был награжден золотой и двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

В 1991 г. по инициативе Давыда Михайловича Кукуя была создана Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь. Бессменным ее Председателем и руководителем всех мероприятий был Д.М.Кукуй. Под его руководством на протяжении более 20 лет проводились Международные научно-технические конференции «Литейное производство и металлургия. Беларусь».

Д.М.Кукуй вел большую научную и организационную работу, являлся членом экспертного совета ВАК РБ, членом НТС Минпрома Республики Беларусь, заместителем председателя координационного совета ГНТППИ «Металлургия», членом ученого Совета БНТУ. С 1990 года Д.М.Кукуй был бессменным руководителем Ассоциации литейщиков и металлургов Республики Беларусь, объединившей более 68 предприятий и организаций Беларуси. В 1998 году он организовал и стал главным редактором республиканского научно-технического журнала «Литье и металлургия».

С 1988 г. Давыд Михайлович руководил кафедрой «Машины и технология литейного производства» БНТУ. Он много сделал для становления и развития кафедры, пополнил ее высококвалифицированными научными кадрами. Можно с уверенностью сказать, что кафедра МиТЛП, которой до последних дней руководил Давыд Михайлович, была одной из лучших профилирующих кафедр.

Д.М.Кукуй вел активную педагогическую деятельность и внес огромный вклад в подготовку специалистов высшей квалификации для белорусской промышленности. Благодаря его энергии и выдающимся организационным способностям были созданы и успешно функционируют пять филиалов кафедры «Машины и технология литейного производства» на ведущих заводах страны. Под его научным руководством было подготовлено более 20 кандидатов и докторов наук.

За достижения в подготовке научных и инженерных кадров Давыд Михайлович неоднократно награждался Почетными грамотами БПИ, БГПА, БНТУ, был награжден Почетной Грамотой Министерства образования и знаком «Отличник образования Республики Беларусь», Почетной грамотой Министерства промышленности РБ и Национальной академии наук Беларуси, в 2006 году удостоен персональной надбавки Президента РБ за выдающийся вклад в социально-экономическое развитие РБ.



Д.М.Кукуй – автор 343 публикаций, включая три монографии, три учебных пособия, более 120 авторских свидетельств и патентов зарубежных стран, более 10 учебно-методических пособий.

Давыд Михайлович являлся крупным ученым, обладал огромной энергией, выдающимися организаторскими способностями и ответственностью за порученное дело, был корректен и доброжелателен в общении с коллегами и подчиненными, пользовался заслуженным авторитетом среди специалистов и ученых, уважением среди сотрудников и студентов БНТУ.

**Литейное
производство
чёрных и цветных
металлов**

Синтез силуминов из алюмоматричных кварцосодержащих композиций

Студенты: гр. 104111 Журневич А.В., Шингарей М.Г., Кулинич И.Л.,
гр. 10405113 Красовский А.Л.

Научные руководители – Рафальский И.В., Арабей А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Большой научный и практический мировой интерес представляет разработка металлургических способов получения силуминов с использованием в составе шихты кремнезема на основе жидкофазных металлургических технологий, обеспечивающих восстановление кремния из его оксидов и позволяющих отказаться от использования дорогостоящего кристаллического кремния.

Авторами был изучен новый металлургический способ получения силуминов с использованием в составе шихты кремнезема на основе жидкофазных технологий совмещения компонентов, а также изучены закономерности межфазного взаимодействия компонентов алюмоматричных кварцосодержащих композиций (АМК).

Проведенный анализ методов совмещения компонентов для получения сплавов системы Al-Si (кремнезема и расплава алюминия) показал, что перспективным представляется использование жидко-твердофазных (гетерофазных) технологий. Гетерофазное состояние сплава реализуется в интервале температур между ликвидусом и солидусом и характеризуется тем, что выделившиеся первичные кристаллы отделены друг от друга жидкой фазой.

С использованием описанного способа совмещения компонентов системы Al-SiO₂ были проведены серии опытных и опытно-промышленных плавов, в результате которых синтезированы сплавы системы Al-Si с различным содержанием кремния (от 5 до 26 %). Микроструктуры синтетических образцов силуминов, полученных из алюмоматричных кварцосодержащих композиций, представлены на рисунке 1.

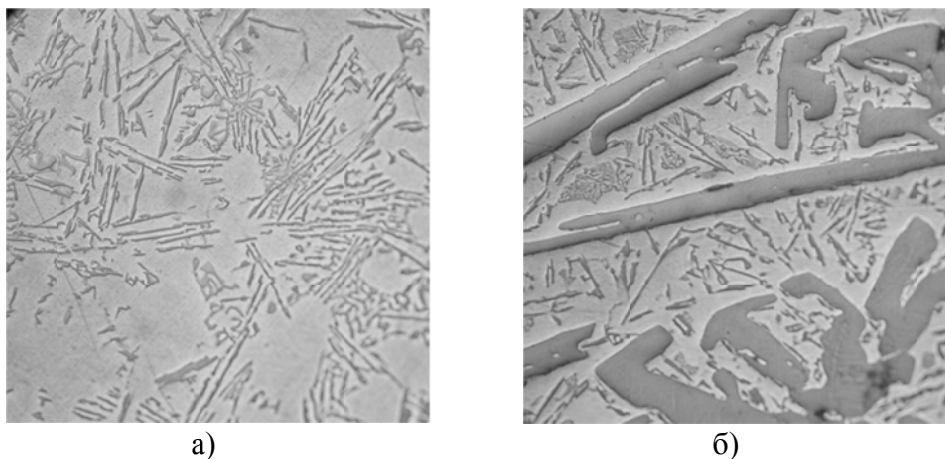


Рисунок 1 – Микроструктуры синтетических силуминов, полученных из алюмоматричных кварцосодержащих композиций, $\times 200$:
а) Al-10,5 %Si; б) Al-25,9 %Si

Установленные особенности восстановления кремния в алюмоматричных кварцосодержащих композициях и разработанные способы синтеза из них алюминиевых сплавов обеспечивают возможность широкого использования лома и отходов алюминиевых сплавов для получения литейных марочных сплавов на основе системы Al-Si.

**Металлургические процессы получения сплавов на основе системы Al-Si
восстановлением легирующего компонента из его соединений**

Студенты: гр. 104111 Котков А.В., Лыхман И.Н., Ковалев А.А.
гр. 10405112 Прокопчук Д.А., Прахт А.А.
Научный руководитель – Арабей А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известен наиболее распространенный в настоящее время способ производства Al-Si сплава (силумина), при котором алюминий и кремний производят по отдельности, а затем сплавляют в необходимой пропорции. Алюминий в основном производят методом электролиза криолитоглиноземного расплава, а глинозем – из бокситовых руд методом Байера. При электролитическом способе производства алюминия заглаживаются тысячи электролизеров, т.к. производительность одного электролизера сравнительно небольшая. Кристаллический кремний получают в мощных рудотермических электропечах из кварцитов при высоких температурах. При эффективном использовании технологии сплавления алюминия с кристаллическим кремнием необходимо проводить операцию по разделению кристаллического кремния на фракции, так как фракция менее 6 мм плохо усваивается расплавом алюминия, а фракция менее 0,3 мм вовсе не усваивается [1]. Порошки кристаллического кремния, получаемые в процессе дробления и отсева, до настоящего времени не нашли рационального использования в промышленности и лишь частично возвращаются в производство.

В рудотермических электропечах можно также получать Al-Si сплавы из руд, содержащих оксиды алюминия и кремния, в частности из кианитовых руд. Однако этот способ имеет ряд недостатков, среди которых: высокие температуры процесса получения сплава (1800-2200 °С), в результате чего имеет место большой расход электроэнергии на тонну выплавляемого сплава; при использовании рудотермических печей существуют зоны, в которых невозможно создать условия для полной переработки вводимой шихты, отсюда снижается выход годного продукта; получаемый по этим способам газ, составляющий полезную энергетическую составляющую (физическое и химическое тепло), не утилизируется.

Авторами работы [2] Коршунов Е.А. и Третьяков В.С. предлагают способ производства алюминиево-кремниевого сплава из руд, содержащих оксиды алюминия и кремния. Алюминиево-кремниевый (Al-Si) сплав по способу производится из порций концентрата руды, содержащей оксиды алюминия и кремния, в частности из концентрата кианита, который расплавляют и нагревают до температуры выше 2100°С за счет химической энергии, получаемой при окислении расчетным количеством кислорода того продукта, который производится из концентрата. Последующее восстановление сплава из порций расплава кианита осуществляют углеродоводородным восстановителем, причем восстанавливают Al и Si как из расплавленной порции кианита, так и из того расплава, который образовался в результате сжигания расчетного количества сплава. Восстановленный из порции кианита жидкий сплав удаляют из плавильного агрегата, а оставшийся жидкий сплав возвращают для следующей операции сжигания. Реализация способа позволяет снизить энергозатраты на производство продукции, уменьшить эксплуатационные расходы и капитальные затраты. Однако при всех преимуществах предлагаемого способа получения силуминов, указанный способ остается высокотемпературным, а следовательно и энергозатратным.

Наиболее энергетически выгодным для Республики Беларусь с точки зрения использования имеющегося оборудования является способ получения алюминиево-кремниевых сплавов путем восстановления легирующего компонента (кремния) из его оксида алюминием, включающий введением кремнезема в расплавленный алюминий или сплав на основе алюминия. При этом кремнезем вводят в матричный алюминиевый расплав при температуре

интервала его кристаллизации механическим замешиванием, кристаллизуют, расплавляют или вводят полученную лигатуру в расплавленный алюминий, выдерживая расплав при температуре выше линии ликвидус, сливают [3, 4]. Основным преимуществом предлагаемого способа является существенное снижение энергозатрат по сравнению с рудотермическим способом получения силуминов, а также получение сплавов более высокого качества.

Список использованных источников

1. Альтман, М.Б. Плавка и литье алюминиевых сплавов / М.Б. Альтман. – М.: Металлургия, 1969. – 270 с.
2. Способ производства алюминиево-кремниевого сплава: патент на изобретение РФ № 2148670, МПК С22С1/10, С22С21/02 / Е.А. Коршунов, В.С. Третьяков, заявитель Е.А. Коршунов – подача заявки: 24.03.1999.
3. Способ получения алюминиево-кремниевого сплава : патент 16558 Респ. Беларусь, МПК С 22 С 1/02 , С 22 С 21/02 / И.В. Рафальский, А.В. Арабей ; заявитель Бел. нац. техн. ун-т. – № а20101849 ; заявл. 20.12.10.
4. Способ получения алюминиево-кремниевого сплава : патент 17860 Респ. Беларусь, МПК С 22 С 1/03 , С 22 В 21/06 / И.В. Рафальский, А.В. Арабей ; заявитель Бел. нац. техн. ун-т. – № а20101851 ; заявл. 20.12.10.

УДК 621.745

Безотходная технология переработки Ni - содержащих катализаторов

Магистрант Комарова Т.Д.
Научный руководитель – Немененок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для повышения эксплуатационной надежности отливок из сплавов на основе железа широко используется легирование расплавов никелем, хромом, молибденом, ванадием, которые вводятся в плавильные агрегаты в виде ферросплавов. Это приводит к повышению стоимости изделий, учитывая, что все ферросплавы импортируются в Республику Беларусь. Вместе с тем на ряде смежных производств (предприятия нефтепереработки, электроламповая промышленность и т.д.) образуются отходы с высоким содержанием оксидов данных легирующих элементов, которые в настоящее время только частично используются предприятиями с металлургическим производством. Если отходы, содержащие такие оксиды в количествах 25 % и более ещё используются при выплавке чугуна и стали в электродуговых печах, то более бедные отходы не находят применения и зачастую подлежат захоронению с уплатой предприятиями экологического налога. Это связано с тем, что такие катализаторы в качестве наполнителя содержат более 80 % тугоплавкого оксида Al_2O_3 , который в свою очередь тоже может быть использован в производстве. При добавке таких катализаторов непосредственно в плавильный агрегат усложняется процесс плавки за счет высокой вязкости шлаков, что требует дополнительного расхода извести и плавикового шпата. Это приводит к удлинению процесса плавки и снижению производительности плавильных агрегатов, что в ряде случаев делает процесс не рентабельным.

В технической литературе имеется информация о использовании золь-гель метода для извлечения оксида алюминия из промышленных отходов. Реализация такой технологии позволит получать кроме оксида легирующего элемента так же чистый, высокодисперсный оксид алюминия, который можно использовать в составе защитных покрытий, противопожарных красок, негорючей бумаги и т.д. При этом оксиды легирующего элемента в виде концентрата целесообразно использовать для легирования чугуна и стали в различных плавильных агрегатах.

Исходя из анализа технической литературы по металлургической переработке отходов производства и решения поставленных задач, предложена следующая схема переработки отработанных катализаторов, содержащих менее 20% NiO (рисунок 1).

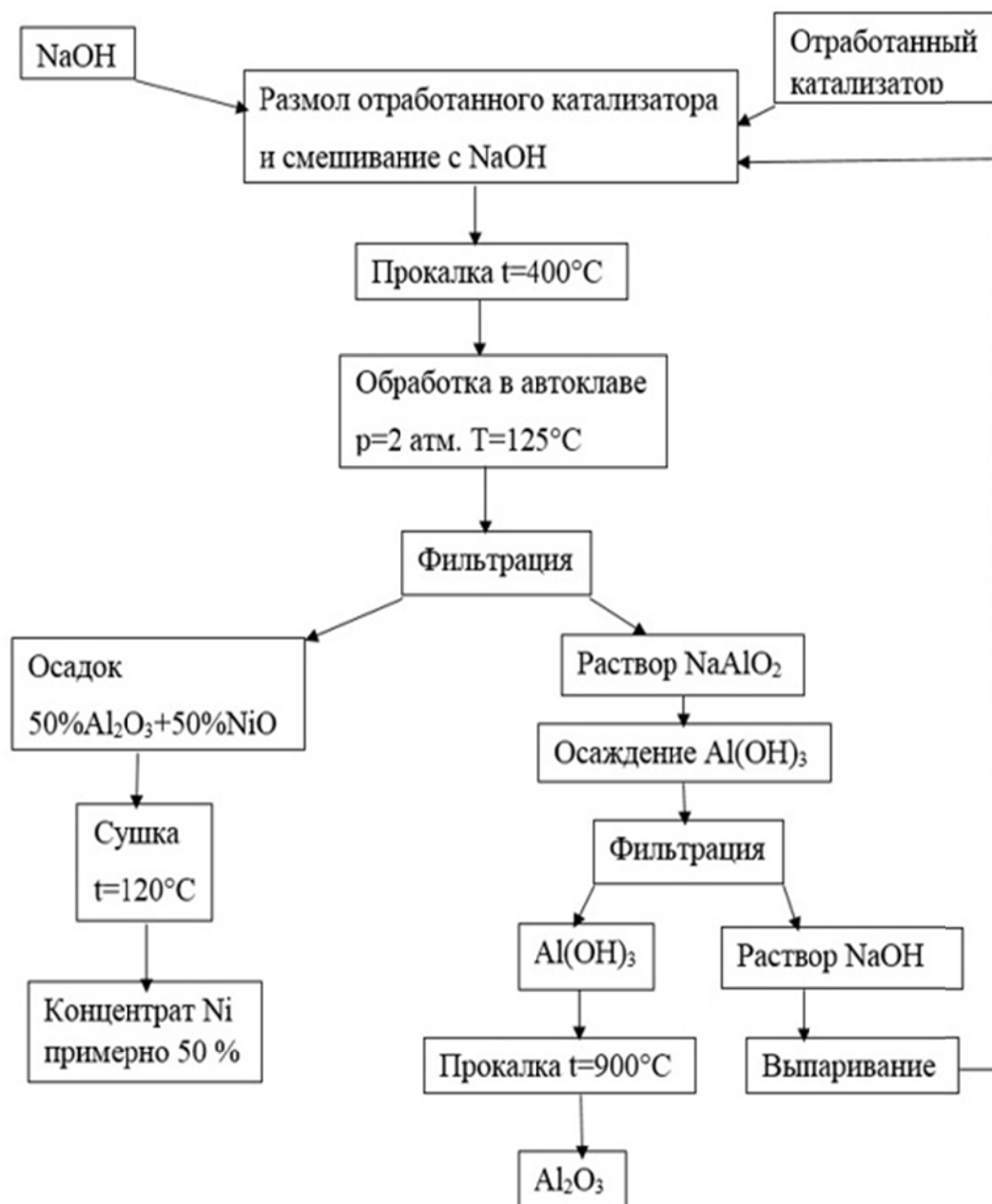


Рисунок 1 – Схема технологического процесса переработки отработанных катализаторов, содержащих менее 20% NiO

Согласно данной схемы, в качестве товарного продукта образуется концентрат NiO который можно использовать для производства ферросплавов или для легирования железо углеродистых сплавов через шлаковую фазу. После фильтрации образуется также раствор NaAlO_2 из которого осаждается Al(OH)_3 , который после фильтрации и прокалки позволяет получать дисперсные частицы Al_2O_3 . Раствор NaOH после выпаривания повторно используется при смешивании с размолотым катализатором.

Для реализации предложенной схемы размолотый отработанный катализатор CaO -10%, NiO - 18-20%, Al_2O_3 -70-72% смешивали со щелочью (NaOH) в пропорции 60/40, прока-

ливали при температуре 1000°C , заливали водой в объемном соотношении 1:4 и помещали в автоклав, после чего в автоклаве смесь нагревали до 125°C под давлением 2 атмосферы. Время выдержки изменяли от 1 часа до 4 часов. После выдержки в горячем состоянии полученный раствор фильтровали и промывали горячей водой на фильтре. Полученный осадок высушивали и прокачивали при температуре 400°C с целью удаления воды.

Таким образом, для получения ультрадисперсного гидроксида алюминия в экспериментальном производстве требуется:

- раствор алюмината плотностью 1210 кг/м^3 ;
- механическое перемешивание раствора;
- добавка затравки в количестве более 25% от находящегося в растворе $\text{Al}(\text{OH})_3$;
- проведение процесса декомпозиции на всех стадиях при постоянной температуре порядка 20°C ;
- поддерживать турбулентный характер движения питающей среды за счет подбора скорости и конструктивных особенностей мешалки;
- введение ПАВ (0,66% от массы образующегося $\text{Al}(\text{OH})_3$) в зависимости от цели получения порошка гидроксида алюминия с ультрадисперсными кристаллами или агломератами.

Реализация предложенной схемы переработки отработанных катализаторов с низким содержанием NiO позволяет решить проблему импортозамещения, получения ультрадисперсных включений Al_2O_3 , экономного легирования железо - углеродистых сплавов и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

УДК 621.74.043.2

Факторы пористости отливок из алюминиевых сплавов при литье под давлением

Магистрант Акулич Н.Н.

Научный руководитель – Михальцов А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Процесс литья под высоким давлением является одним из наиболее производительных и перспективных способов получения отливок. Существенный недостаток этого процесса литья – повышенное газосодержание и пористость изготавливаемых отливок, существенно снижающие его достоинства.

В ряду факторов, оказывающих влияние на газосодержание и пористость отливок, можно выделить общие, присущие литейной технологии, и специфичные, свойственные только литью под давлением. В качестве основных следует отметить усадку и газонасыщенность сплава, механическое запутывание воздуха и выделяющихся из смазки газов в запрессовываемом сплаве, а также недостаточную вентиляцию пресс-форм. Существенный вклад вносят также газы, захватываемые в свободном объеме камеры прессования. Выполненные по специальной методике эксперименты показали, что образование так называемого «газового мешка» зависит от величины ускорения при перемещении прессующего поршня. Чем оно выше, тем больше скорость движения козырька металла и прессующего поршня. При этом скорость движения козырька металла выше скорости движения прессующего поршня.

С увеличением ускорения разность между ними возрастает. Установлено, что образование «газового мешка» возможно при значениях ускорения более 10 м/с^2 . Ускорение прессующего поршня в начале первой фазы прессования обычно не превышает указанной величины. При переходе от первой фазы прессования ко второй его значение обычно больше.

Таким образом «газовый мешок» образуется в результате резкого изменения скорости прессующего поршня в момент перехода от первой фазы прессования ко второй.

Модифицирующая смесь для силуминов

Студент гр. 104110 Лысаковский Г.А.
Научный руководитель – Задруцкий С.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение эффективности модифицирования эвтектики в силуминах карбонатными композициями уже длительное время привлекает внимание исследователей и производителей. Перспективным представляется использование карбоната стронция, модифицирование которым обеспечивает наряду с экологической безвредностью процесса обработки расплава длительное сохранение модифицирующего эффекта.

Применение дисперсного карбоната стронция для модифицирования эвтектического кремния в сплаве АК9ч дает нестабильные результаты связанные с нестабильным усвоением стронция из карбоната стронция по многим причинам. Совместное использование смеси дисперсных карбонатов стронция и кальция несколько повышает стабильность процесса.

В настоящей работе была сделана попытка изучения модифицирующей эффективности смеси карбоната стронция и хлористого аммония (содержание последнего составляло от 10 до 70%).

Определено, что использование карбоната стронция совместно с хлористым аммонием для диспергирования включений эвтектического кремния в АК9ч обеспечивает достаточно высокую стабильность процесса при удовлетворительной степени модифицирования эвтектики. Однако необходимо также отметить существенное увеличение рассредоточенной газоусадочной пористости в полученных образцах, которое превосходит аналогичные показатели при использовании лигатуры алюминий-10% стронция и классического 4-х компонентного флюса.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск рациональных составов и технологий диспергирования эвтектического кремния в силуминах с использованием в качестве модифицирующей добавки смеси карбоната стронция и хлористого аммония.

Современные тенденции использования технологий 3D-печати в производстве

Студенты: гр.10405113 Красовский А.Л., гр. 10405112 Аль-Кадыми О.Г.
Научный руководитель – Бежок А.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Метод литья по выплавляемым моделям, позволяющий изготавливать практически из любых сплавов различные, в том числе весьма сложные по конструкции и тонкостенные отливки, массой от долей грамма до сотен килограммов с высоким для литых изделий качеством поверхности и точностью размеров, известен с глубокой древности.

Достоинства метода дают возможность максимально приблизить отливку к готовой детали, а в ряде случаев получить её без дополнительной обработки перед сборкой. Традиционный метод ЛВМ основан на изготовлении отливок по выплавляемым восковым моделям.

Для получения восковых моделей, как правило, необходимо изготовить специальную оснастку, а окупаемость такого производства может быть лишь в условиях большой серийности, устойчивости и неизменности конструкции деталей достаточно продолжительное время.

В том случае, если производство изменяется мобильно или нужно опробовать и отработать конструкцию детали или всего механизма, изготовить опытный образец или когда конструкция детали настолько сложна, что сложно изготовить даже восковую модель, необходимо использовать различные методы прототипирования, когда модель будущей отливки при помощи специального оборудования и программного обеспечения строится или выращивается непосредственно по компьютерной 3D модели.

Кроме этого в последние годы крупные промышленные компании начали использовать технологию прямой 3D-печати в повседневном производстве металлической продукции.

Время, требуемое для печати одной детали, представляет собой одну из основных сложностей в применении данной технологии, так как это довольно длительный процесс, где практически отсутствует эффект масштабирования.

Можно сделать деталь, скажем, за 10 часов. Если это только одна деталь, то данная ситуация предоставляет возможность сэкономить, однако если нужно произвести 10 000 деталей, лучше, пожалуй, использовать литье.

Материалы, которые используются в 3D-печати, дороже традиционных, хотя цены на них неуклонно снижаются. По мере роста спроса на 3D-печать их стоимость еще больше уменьшится.

Таким образом, при помощи 3D-печати выращивается не просто восковая модель, по которой будет отливаться опытная деталь, но сразу сама деталь. Инженеры Ford используют 3D-принтеры для производства опытных образцов запчастей для тестовых автомобилей. В инженерном центре Beech Daly Technical Center они на промышленных 3D-принтерах выпускают опытные образцы крышек цилиндра, тормозных дисков, осей за существенно меньшее время, чем при традиционном способе производства. Используя 3D-печать, Ford в среднем экономит около месяца при производстве опытного образца крышки цилиндра для своего семейства экономичных двигателей EcoBoost. Эта сложная деталь включает многочисленные порты, каналы, проходы и клапаны для перекачки топлива и воздуха. Традиционный процесс литья, который требует разработать форму и инструмент для вытачивания заготовки, занимает четыре-пять месяцев.

Инженеры также могут одновременно произвести несколько крышек цилиндра и тестировать различные опытные образцы одной детали, чтобы выбрать наилучшую модель для последующего производства.

Немецкая Siemens использует 3D-печать для выпуска запасных частей к газовым турбинам. Это позволяет ей ускорить проведение ремонтных работ (в некоторых случаях, например, при ремонте двигательных установок – с 44 недель до четырех) и снизить издержки.

В июле 2013 г. американское космическое агентство NASA сообщило, что провело успешные испытания детали двигателя для ракеты, а именно форсунки, изготовленной методом 3D-печати. В заявлении NASA говорилось, что обычно на ее изготовление уходит год, но новая технология помогла сократить этот срок менее чем до четырех месяцев, а затраты – более чем на 70%.

Что касается литейного производства, то в промышленности широкое распространение получили технологии быстрого прототипирования на основе лазерной стереолитографии (фотополимеризации) - SLA, SLS- технологии (**Selective Laser Sintering** - спекание порошковых материалов при помощи CO₂ лазера) и FDM-процесс (послойное наложение расплавленной полимерной нити). Применение этих технологий позволяет непосредственно получать материальные модели (макеты, копии) требуемой детали, минуя стадию традиционного изготовления деревянной оснастки. Модели «выращиваются» из синтетических материалов и затем используются для получения литейных форм для получения отливок по выплавляемым или выжигаемым моделям, либо в качестве литейной оснастки для формовки, например песчаных форм. С помощью лазерного спекания песка могут быть получены также песчаные стержни и формы любой сложности для непосредственной заливки их жидким металлом.

Пример использования стереолитографических моделей для литья по выплавляемым моделям приведен на рисунке 1 (пластиковые стереолитографические модели рабочих колес для водометных движителей, изготовленные по ним восковые модели («восковки») и готовая отливка).



Рисунок 1 – Пример использования стереолитографических моделей для литья по выплавляемым моделям

Готовая квазитонкооболочечная пластиковая модель (а) и модель на стадии производства с подпорками, изготовленная на стереолитографе для отработки технологии изготовления оснастки путем выжигания пластиковой модели для литья жаропрочных сплавов (диаметр – 209 мм, толщина стенки – 0,6 мм, минимальная толщина пера лопатки – 0,3 мм) представлена на рисунке 2.

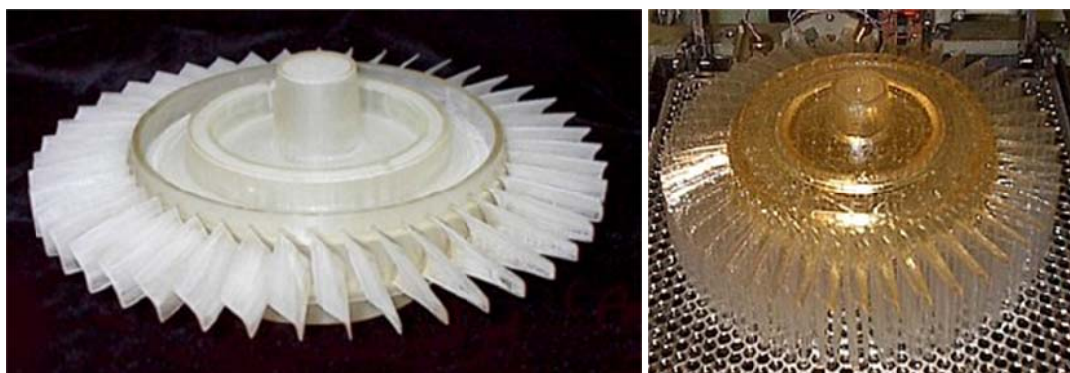


Рисунок 2 – Квазитонкооболочечная пластиковая модель

При использовании SLS- технологии (**Selective Laser Sintering** - спекание порошковых материалов при помощи CO_2 лазера) 3D объект создаётся из порошкообразных материалов - пластик, металл, нейлон и керамика. Лазерный луч, попадая на тонкий слой порошка, спекает порошковые частицы, которые формируют твердую массу, по форме соответствующую CAD-модели и определяющую геометрию детали.

Модели из полистирола, полученные по SLS-процессу предназначены для получения отливок методом «выжигаемых моделей». После построения модель весьма хрупкая и требует бережного обращения. Для придания модели большей прочности её пропитывают расплавленным парафином (инфильтрация), после чего модель готова для заливки формовочной смесью и последующих технологических операций.

При помощи лазерного спекания кварцевого песка можно получать стержни и формы для заливки любой степени сложности (рисунок 3).



Рисунок 3 – Песчаные формы головки цилиндра и блока цилиндров полученные по SLS-процессу

Спекание металлических порошков даёт возможность получения готовых изделий любой сложности (рисунок 4).



Рисунок 4 – Готовые металлические детали, полученные спеканием металлических порошков

При *FDM*- процессе термопластичный моделирующий материал подаётся через экструзионную (выдавливающую) головку с контролируемой температурой, нагреваясь в ней до полужидкого состояния. Выдавливающая головка наносит материал с высокой точностью тонкими слоями на неподвижное основание. Разработчиком технологии FDM и производителем оборудования является компания Stratasys.



Рисунок 5 – Примеры прототипов, изготовленных из ABS пластика по технологии FDM

Ещё одна интересная с точки зрения литейного производства технология реализована в принтерах компании 3D Systems - ProJet CP 3000. ProJet CP 3000 - 3D принтер, начинающий линейку 3D-

принтеров, строящих детали из фотополимера с поддержкой из воска, который в последствии легко удаляется. Нанесение основного материала и воска осуществляется инжекционной головкой одновременно. Основной слой при этом засвечивается ультрафиолетовой лампой. Основное назначение ProJet CP 3000 - создавать мастер-модель, которая послужит для создания литьевых форм с помощью литья по выплавляемым моделям. Высокое разрешение, минимальная толщина стенки позволяют создавать прототипы ювелирных изделий или детали с высокой точностью (рисунок 6).



Рисунок 6 – Прототипы высокого и низкого разрешений, полученные на принтере ProJet CP 3000

Эта технология называется **Multi-jet Modeling (MJM)** является гибридной между *STL* и *FDM* – используются фотополимеры ультрафиолетового отверждения как в *STL* процессе, а способ формирования слоя похож на *FDM*.

УДК 621.74:669.018

Влияние неметаллических включений на качество стального литья

Студенты: гр.104110 Никитюк П.А., гр.104111 Ринкунас В.Е., Самута С.В.
Научный руководитель – Немененок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При производстве отливок из стали первостепенное значение приобретают вопросы качества отливок, снижения металлоемкости и себестоимости при одновременном увеличении ресурса эксплуатации.

Большое влияние на качество отливок из стали отказывают неметаллические включения и, в первую очередь, их природа и характер распределения. Для улучшения качества конструкционной стали необходимо снижать содержание вредных примесей и применять рациональные методы раскисления-модифицирования, что благоприятно изменяет характер и форму включений.

Управление природой неметаллических включений для получения заданных свойств - одно из основных научных направлений в металлургии стали. Для значительной части сортамента стальных отливок установлены однозначные зависимости «включения-свойства», позволяющие прогнозировать технологические процессы и свойства отливок.

Важное значение приобретает снижение содержания в стали примесей кислорода, серы и фосфора. Снижение концентрации кислорода и серы позволяет повысить чистоту стали по оксидным, сульфидным и оксисульфидным включениям; снижение содержания фосфора способствует упрочнению металлической матрицы. Раскисление стали алюминием обеспечивает снижение содержания кислорода до 0,004 % и получение относительно чистой стали по оксидам. Однако еще недостаточно внимания уделяют процессам десульфурации и дефосфорации, т.к. фактическое содержание серы и фосфора в промышленных плавках обычно превышает 0,02 %, достигая на отдельных заводах 0,04-0,05 %, что допускается стандартами

для стальных отливок. Установлено, что при снижении содержания серы в пределах марочного состава нелегированной и легированной конструкционных сталей с 0,03 % до 0,01 % их KCV возрастает примерно в 2 раза, а порог хладостойкости снижается более чем на 30 %.

Изучали влияние содержания сера на KCV и индекс загрязнения $j \cdot 10^{-3}$ для стали типа 10ГЛ. Сталь выплавляли в индукционной печи с основной футеровкой на чистой шихте с присадками в заливочные ковши сернистого железа, что позволило установить влияние возрастающих концентраций серы, исключив другие факторы. Состав стали: 0,10 % С; 1,5 % Mn; 0,3 % Si; 0,005 % P, 0,003-0,043 % S; 0,004 % Al. Степень загрязнения оксидами оставалась стабильно низкой, в то время как с увеличением содержания серы однозначно повышалась загрязненность сульфидами, что и определяло общий уровень загрязнения. В таблице 1 приведены данные ударной вязкости (KCV) и индекса загрязнения от содержания серы в стали.

Таблица 1 – Влияние серы на ударную вязкость и индекс загрязненности стали 10ГЛ

Содержание серы, 10^{-3} %	KCV; МДж/м ² (+20 °С)	$j \cdot 10^{-3}$	
		сульфиды	оксиды
10	3,0	0,6	0,5
15	2,5	1,2	0,5
20	2,0	1,9	0,5
25	1,7	2,3	0,5
30	1,5	3,0	0,5
40	1,2	4,0	0,5
45	1,0	4,3	0,5

Известно, что принятый метод конечного раскисления алюминием приводит к образованию дезориентированных остроугольных включений III типа, относительно безвредных при малых содержаниях серы. По мере повышения содержания серы количество остроугольных оксисульфидов возрастает, расстояние между ними уменьшается, вследствие чего возникающие у острых углов микротрещины объединяются в магистральные и способствуют увеличению хрупкости стали.

При содержании более 0,015 % серы рекомендуется дополнительное модифицирование стали ЩЗМ или РЗМ.

Механизм влияния этих модификаторов заключается в переводе остроугольных включений III типа в округлые I типа, очищении границ зерен от примесей и упрочнении металлической матрицы.

Для оценки влияния состава стали и модификаторов на свойства стали 20ГЛ оценивали ударную вязкость, механические свойства и индекс загрязненности. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние состава и модифицирования на свойства стали 20ГЛ.

Модификаторы	Содержание, %		$j \cdot 10^{-3}$	Механические свойства			
	S	P		σ_t , МПа	σ_b , МПа	$\frac{\delta_s}{\psi}$, %	KCV; МДж/м ² (+20 °С)
Al	0,003	0,005	0,75	425	625	26,8/75,2	2,35
Al	0,005	0,005	1,05	418	622	24,5/66,5	1,95
Al	0,026	0,010	6,72	430	630	21,0/47,1	0,77
Al+СК	0,026	0,012	5,83	427	632	22,5/56,3	1,26
Al+РЗМ	0,025	0,010	5,15	442	640	23,0/60,2	1,52
Al+СК+РЗМ	0,025	0,012	4,75	428	628	24,0/64,2	1,60

Из результатов следует, что наивысший уровень ударной вязкости имеют чистые стали. Модифицирование сфероидизаторами при более высоком содержании вредных примесей заметно повышает уровень пластичности и ударной вязкости, однако эти показатели не достигают уровня свойств чистой стали.

Практика модифицирования сфероидизаторами углеродистой стали показывает, что она по свойствам приближается к экономно-легированной, а модифицированная экономно-легированная превосходит по механическим показателям стали, легированные дорогостоящими элементами (Ni, Mo, W, V, Nb). Таким образом, процесс управления количеством и формой неметаллических включений является весомым резервом в повышении качества стального литья.

УДК 621.74.043.2

Современные разделительные покрытия пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов

Магистрант Акулич Н.Н., студент гр. 104111 Волосевич Я.В.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современные разделительные покрытия для пресс-форм ЛПД должны отвечать целому ряду требований, основными из которых являются высокая термическая стойкость и смазывающая способность, низкая газотворность. Поэтому до недавнего времени в качестве основного компонента разделительных покрытий для пресс-форм ЛПД использовали тяжелые минеральные масла.

В настоящее время появились смазывающие материалы, которые представляют повышенный интерес с точки зрения их использования при разработке новых составов разделительных покрытий. К таким материалам следует отнести в первую очередь кремнийорганические соединения. Наибольший интерес среди них представляют силиконовые жидкости типа ПМС (полиметилсилоксановые жидкости). Их свойства обусловлены сочетанием высокой теплостойкости кремния и эластичности органических полимеров.

В настоящей работе (по специальной методике) выполнена сравнительная оценка смазывающих и разделительных свойств масляных компонентов (ГФК, фус, жирные кислоты, растительное масло, соапсток) и ПМС300. По смазывающей способности ПМС300 несколько уступает лучшим масляным компонентам, но образует более устойчивый к разрушительному действию струи жидкого расплава слой. Это позволяет рекомендовать его в качестве основы вновь разрабатываемых разделительных покрытий при литье под давлением алюминиевых сплавов.

УДК 669.053.

Использование техногенных отходов для производства цветных металлов

Студенты: гр.104111 Горбель И.А., Грозный Д.М., Шингарей М.Г.,
гр. 10405112 Чертобой В.В.
Научный руководитель – Немененок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Экономическая целесообразность добычи цветных металлов из руд определяется так называемым браковочным пределом по извлекаемому металлу. Для меди данный показатель составляет 3-5 %, цинка менее 4 %, никеля 0,3-1,0 %, а для молибдена 0,005-0,02 % [1].

По мере развития техники указанные пределы постепенно снижаются и переработке подвергают все более бедные руды. Среднее содержание меди в перерабатываемых медных рудах к 2025 году прогнозируется на уровне 0,70-0,85 [2].

По оценкам специалистов уровень использования природных ресурсов, который находится в функциональной зависимости от роста численности мирового населения и других демографических факторов, приближается к границам физического предела планеты. В соответствии с прогнозными расчетами пик производства железа наступит в 2060 г., после чего нарастающий дефицит железа и резкий рост цен сделает его редким ресурсом. Для свинца и цинка пик придется на 2030-е годы, для меди, хрома и никеля пик добычи прогнозируется на 2040-2050 годы. В результате истощения сырьевой базы уже к концу века ожидается дефицит по всем основным металлам.

В связи с этим обостряется проблема переработки техногенных ресурсов, содержащих металлические компоненты. Так в шлаках газоочистки доменных печей содержание цинка достигает уже 6,13 % при содержании железа более 20%, а в пыли газоочистки электросталеплавильного цеха содержится до 18 % Zn. Ежегодный объем образования цинксодержащих пылей электросталеплавильных печей и шламов с высоким содержанием полезного компонента на металлургических предприятиях Российской Федерации достигает 223 тыс. т при среднем содержании цинка в пыли 10,4 %. Согласно расчетам объем образования цинксодержащих пылей к 2020 году возрастет на 25,9 % и составит 237,8 тыс. тонн. Проведение исследования показали перспективность извлечения цинка из отходов сталеплавильного производства.

В настоящее время в хозяйственный оборот вовлекаются только высоколиквидные и рентабельные отходы, главным образом лом и отходы черных и цветных металлов, часть минеральных отходов производства электроэнергетики, металлургии, химии и нефтепереработки. Опыт ЕС и США показывает, что оборудование для рециклинга металлов используют не только организации, занимающиеся переработкой отходов, но и другие промышленные предприятия, поскольку вторичная переработка отходов на месте их образования стала более выгодной, чем оплата услуг сторонних переработчиков. В таблице 1 приведены данные по доле рециклинга отдельных металлов в США и ЕС с указанием экономии энергии при производстве продукции [2].

Таблица 1 – Степень рециклируемости отдельных металлов и уровень экономии энергии при производстве продукции

Металл	Доля рециклинга в производстве металла, %		Экономия энергии, %
	США	ЕС	
Железо, сталь	58	42	62-74
Алюминий	36	39	95
Медь	35	32	85
Цинк	53	20	60
Свинец	83	74	60

Таким образом, внедрение процессов рециклинга является одним из основных факторов сохранения и эффективного использования минерально-сырьевого потенциала как в масштабе отдельно взятой страны, так и в мировом масштабе.

Список использованных источников

1. Воскобойников, В.Г. Общая металлургия / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.
2. Тенденции и перспективы развития рециклинга металлов / А.И. Татаркин [и др.] // Экология и промышленность России. – 2013, май. – С. 4 – 10.

Определение максимального содержания серы в сталях с учетом условий эксплуатации

Студенты: гр.104111 Семенец И.Б., Грузд М.М., Ринкунас В.Е.
гр. 10404112 Сидоркин А.С.

Научный руководитель – Немененок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Предприятия, связанные с выплавкой стали, на протяжении последних десятилетий сталкиваются с двумя основными проблемами:

- непрерывным ростом цен на топливо, основные и дополнительные шихтовые материалы;
- повышения качества стали за счет снижения содержания углерода, кислорода, кремния, фосфора, азота, сопутствующих элементов (Cu, Cr, Ni, Mo) и серы.

Требования особо низкого содержания серы (< 10 ppm) оговорены спецификациями на особонизкосернистые (ULS) марки стали и предъявляются, в частности, к продукции, предназначенной для работы в условиях высокого давления и очень низких температур. Наличие серы в стали повышает чувствительность к растрескиванию и снижает ударную вязкость материала на образцах с надрезом. Поэтому для предотвращения появления трещин в готовой продукции из высокопрочных, высокопрочных низколегированных (HSLA) и перитектических сталей содержание серы в них должно быть ниже 30 ppm. Содержание серы в стали менее 60 ppm достигается в результате интенсивного перемешивания жидкой стали на стадии вторичного рафинирования; при такой обработке одновременно достигается положительный эффект с точки зрения степени раскисления и чистоты по примесям. Хотя для большинства марок стали не предъявляются особые требования к концентрации серы, все же содержание ее в низкоуглеродистых (LC), особонизкоуглеродистых (ULC) и электротехнических сталях, а также в белой жести ограничивается 120ppm.

За последние 60 лет ограничения по содержанию серы в сталях для ряда стальных изделий ужесточились в 25 раз (с 250 до 10 ppm). Основным источником серы является первичное топливо, используемое при производстве чугуна, и металлолом, поступающий на плавку. На выходе из доменной печи диапазон содержания серы в чугуне составляет 0,035-0,085 %. Процесс удаления серы реализуется при десульфурации чугуна после доменной плавки, десульфурации расплава при выплавке стали и внепечной обработки стали. Все это требует дополнительных затрат. Обычно расходы тем выше, чем больше исходное содержание серы в чугуне. Это связано в основном с большим расходом десульфураторов и с увеличением других статей расхода. Общие затраты на десульфурацию чугуна с уровня 0,06 % до 0,014 % составляют примерно 6 долларов США на тонну чугуна. Из этой суммы 50 % составляют расходы на десульфураторы, 25 % связаны с потерями металла при скачивании шлака и 25 % - прочие статьи расходов. В целом затраты на дополнительное понижение содержания серы 0,01 % составляют 1,44 доллара США на тонну чугуна.

Вместе с тем установлено, что появление в структуре стали твердых алюминатов и сульфидов кальция, образовавшихся в процессе десульфураторной обработки, приводит к ухудшению коррозионной стойкости труб и сокращению срока их эксплуатации. Эти коррозионно-активные неметаллические включения служат источником образования вздутий, приводящих к возникновению питтингов. На основании обработки статистических данных показано, что чрезмерное снижение содержания серы ухудшает коррозионную стойкость труб. При ограничении нижнего предела концентрации серы на уровне 0,012-0,015 %, количество коррозионно-активных неметаллических включений уменьшается, что приводит к увеличению срока службы труб для внутрипромысловых коммуникаций.

Таким образом, при десульфурации стали необходимо учитывать условия последующей эксплуатации стальных изделий.

УДК 621.745.669.13

Исследование процесса получения лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия

Магистрант Амер Мохамед Мефтах (Ливия),
студенты: гр. 104111 Кулинич И.Л., гр. 10405113 Бичан А.Н.
Научный руководитель – Слущкий А. Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Нанотехнологии находят все более широкое применение в различных областях, в том числе и в литейном производстве, например для модифицирования структуры металлов и их сплавов. Это позволяет получать литые материалы с более высокими физико-механическими свойствами.

В качестве нанодобавок при получении новых материалов и сплавов используются ультрадисперсные порошки химических соединений (нитриды, карбиды, оксиды, карбонитриды и др.).

Вместе с тем актуальным является вопрос эффективного ввода таких материалов в обрабатываемые сплавы. Одним из эффективных способов ввода являются предварительно подготовленные мастер-сплавы (лигатуры) с высоким содержанием наночастиц.

Поэтому целью настоящей работы являлось исследование процесса получения лигатуры, содержащей в своем составе равномерно распределенные наночастицы активных элементов.

В качестве объекта изучения был выбран нанопорошок оксида иттрия, который был получен в рамках договора о научном сотрудничестве из Республики Корея. На первом этапе провели исследование фазового состава данного нанопорошка с использованием рентгеновского дифрактометра результаты, которых представлены на рисунке 1.

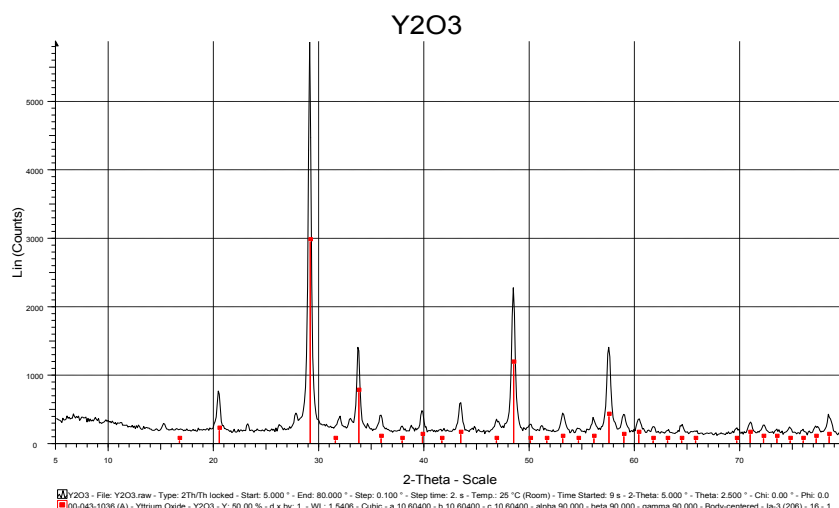


Рисунок 1 – Рентгенограмма нанопорошка оксида иттрия

Установлено, что основу данного нанопорошка составляет соединение в виде оксида иттрия.

Следующим этапом была разработка методики и изготовление лигатуры, содержащей наноразмерные частицы оксида иттрия. В ранее выполненных работах установлено, что для

обеспечения эффективного модифицирования сплавов такими присадками, необходимо обеспечить равномерное распределение наночастиц по объему лигатуры за счет перемешивания исходных компонентов.

Для предотвращения слипания наночастиц в процессе перемешивания и образования агломератов применялся порошок олова в качестве металла-протектора как основы лигатуры. Был подобран состав смеси порошков олова и ультрадисперсного оксида иттрия. Приготовление композиции осуществлялось в специальном лабораторном смесителе в течение определенного времени. Для активации компонентов смеси использовали шары диаметром 4 и 6 мм. Полученную смесь брикетировали на лабораторном прессе с усилием 25 т.

В лабораторных условиях с использованием метода экструзии были получены лигатуры на основе олова. Общий вид технологической оснастки, лабораторного пресса и образцы лигатуры представлены на рисунках 2, 3, 4.



Рисунок 2 – Технологическая оснастка для экструдирования лигатуры из брикетов



Рисунок 3 – Пресс для получения экструдированной лигатуры



Рисунок 4 – Образцы лигатуры, полученные экструзией

С использованием сканирующего электронного микроскопа VEGA II LMU с микроанализатором INCA ENERGY 350 ЭМВ были проведены исследования распределения наночастиц оксида иттрия в экструдированных образцах лигатуры на основе олова. Анализировалось распределение элементов как в продольном, так и поперечном направлении по отношению к направлению экструзии. Результаты исследований представлены на рисунке 5.

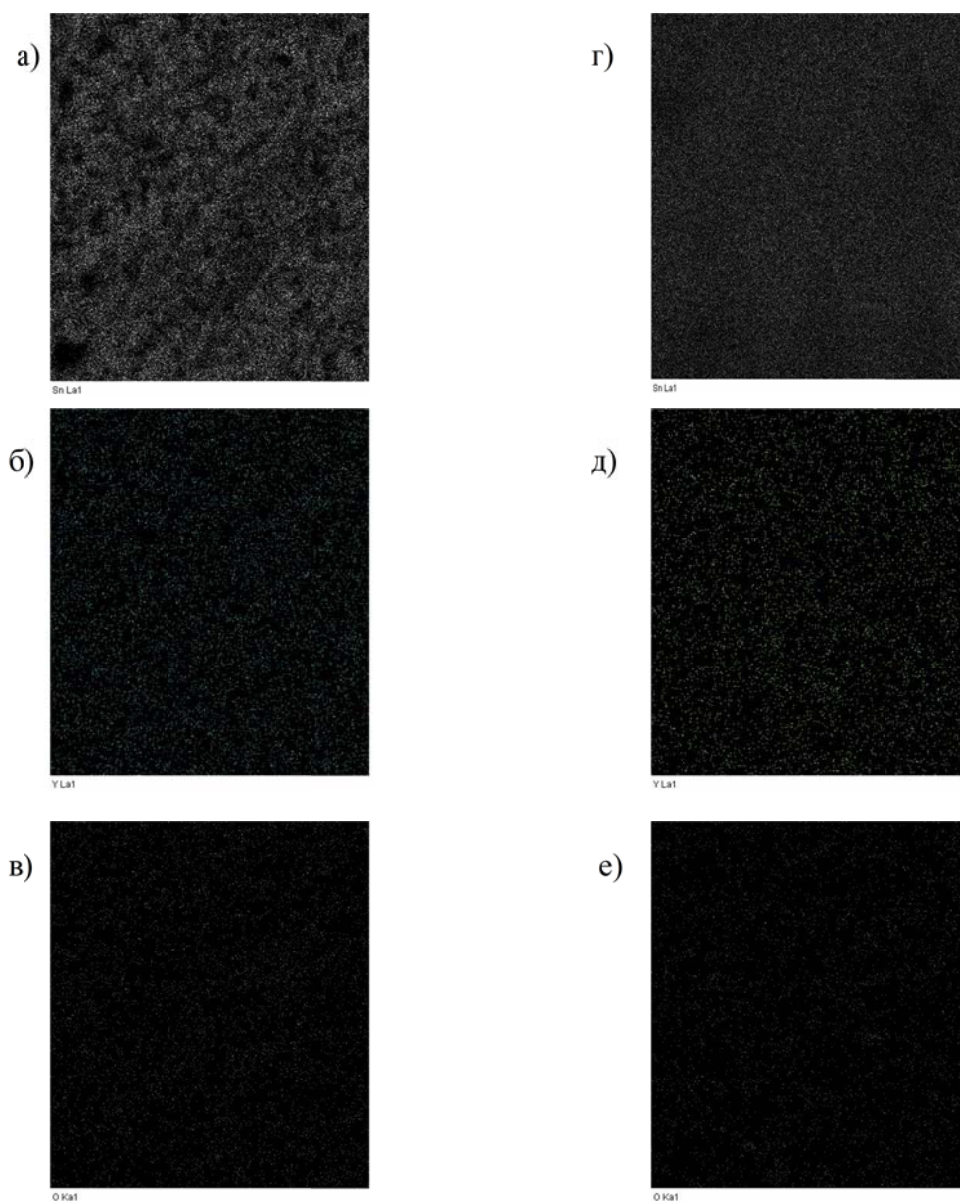


Рисунок 5 – Распределение элементов поперечном (а, б, в) и продольном (г, д, е) сечениях экструдированных образцов лигатуры с добавками оксида иттрия:
а, г – олово; б, д – итрий; в, е – кислород

Анализ результатов проведенных исследований показал, что в экструдированных образцах лигатуры распределение активных нанопорошков в матрице гораздо более равномерное по сравнению с аналогичными материалами, полученными методами сплавления и пресования порошковых смесей. Следовательно, следует ожидать более равномерного распределения наночастиц в объеме обработанного с помощью разработанных лигатур литейного сплава. Это позволит оказать эффективное влияние на формирование микроструктуры модифицированного сплава, в том числе, первичного зерна аустенита в литых сталях и эвтектического зерна в серых и высокопрочных чугунах с шаровидным графитом.

Материаловедение в машиностроении

Студенты гр. 104210 Савич А.Ю., Шевцов А.Ю.
 Научный руководитель – Михлюк А.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Вода и минеральные масла в течение многих десятилетий являлись наиболее распространенными охлаждающими средами закалочными средами. Однако в связи с существенными недостатками и ограничениями по применению масел и воды давно уже изыскиваются новые охлаждающие среды со следующими свойствами:

- охлаждающая способность в температурной области перлитного превращения должна быть выше, чем у минеральных масел;
- охлаждающая способность в температурной области мартенситного превращения должна быть близкой к охлаждающей способности масел;
- нейтральность и безвредность для обслуживающего персонала и природной среды.

Многочисленные исследования, проведенные во многих странах, показали, что перечисленные требования к свойствам можно получить, применяя водные растворы некоторых соединений полимеров.

Таким образом, возникла новая многочисленная группа охлаждающих сред с различными свойствами. Полимерами являются химическими соединениями, состоящие из длинных цепочек различных микрочастиц, называемых мономерами. Этому рода реакция носит название полимеризации. Физико-химические свойства полимеров определяются как химическим строением мономеров, так и способом их синтеза. Различают полимеры натуральные (например, крахмал) и синтетические называемые также синтетическими веществами. Полимеры могут при комнатной температуре быть жидкостями или твердыми телами, аморфными или кристаллическими.

Применение полимерного раствора имеет следующие преимущества: нет никакой огнеопасности, нет контакта с жидким топливом-маслом, не нужно обезжиривать закаленные детали, окружающая среда не загрязняется отходящими газами, а резервуар - окалиной. Практика показала, что такая закалка предотвращает появление трещин в закаленном изделии. В ближайшем будущем широкое применение могут получить такие охлаждающие среды как (Водоль-3, Водоль-S)

Водоль-3 – это охлаждающая среда, основанная на полисахаридах. Из рисунка 1 видно, что при концентрациях больше 5% скорость охлаждения в верхней температурной области меньше, чем в масле (меньший угол наклона кривых), а при концентрации 5% несколько больше.

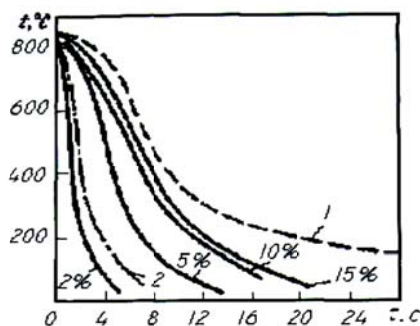


Рисунок 1 – Скорости охлаждения середины серебряного образца диаметром 16 и длиной 48 мм в растворах концентрата Водоль-3 с различной концентрацией, а также в воде (1) и масле ОН-70 (2)

При температурах ниже 300 °С – подобно большинству охлаждающих сред этого типа - она охлаждает значительно быстрее, чем масло. Данная охлаждающая среда рекомендована для объемной закалки инструмента и деталей машин из средне- и высоколегированных сталей и иногда для прямой закалки после науглероживания.

Водоль-S по охлаждающей способности мало отличается Водоля-3. Это вытекает из сравнения кривых на рисунках 1 и 2. При концентрации 20 % средняя скорость охлаждения приближается в среднем к скорости охлаждения в масле, которое охлаждает быстрее в температурной области 550 – 350 °С и медленнее ниже 300 °С, что полезнее. Исследования показывают, что некоторые другие свойства Водоля-S более полезны, чем Водоля-3. Это относится в основном к коррозионному воздействию на сплавы железа, а также к влиянию температуры охлаждающей среды на ее охлаждающую способность. Кроме того, деформация после закалки в Водоле-S меньше, чем в Водоле-3, хотя значительно больше, чем в масле.

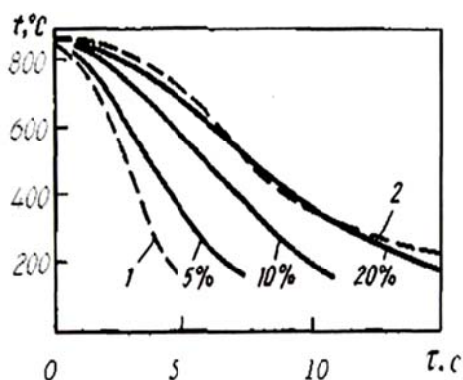


Рисунок 2 – Скорости охлаждения середины серебряного образца диаметром 16 и длиной 48 мм в растворах концентрата Водоля-S с температурой 20 °С при различных концентрациях, а также в воде (1) и масле ОН-70 (2)

Эта охлаждающая среда мало чувствительна к изменениям температуры, а ее коррозионное воздействие слабее по сравнению с другими полимерными охлаждающими средами, тем более воды. Из-за очень малой охлаждающей способности Водоль-W может быть рекомендован для тех случаев, где образование мартенситной, а иногда даже и бейнитной структуры не требуется. В качестве примера можно привести охлаждение после цементации на значительную толщину с целью предупреждения выделения карбидной сетки (рисунок 3).

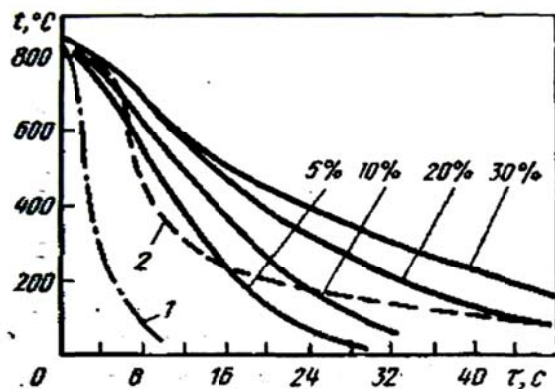


Рисунок 3 – Скорости охлаждения середины серебряного образца диаметром 16 и длиной 48 мм в растворах концентрата Водоля-W при температуре 20 °С при различных концентрациях, в воде (1) и масле ОН-70 (2)

Изучение влияния лазерной обработки на механические показатели плазменно-напыленных покрытий

Студентка гр.104210 Лущик М.Э.
 Научный руководитель – Пантелеенко А.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью данной работы является изучение возможности лазерной обработки плазменно-напыленных покрытий и ее влияния на микротвердость покрытий.

В настоящее время в промышленности для упрочнения и восстановления применяется множество технологий, но наибольшее распространение получили наплавка и напыление. Одним из наиболее перспективных способов является плазменное напыление, однако необходима последующая обработка для устранения пористости, получения однородности покрытия и повышения адгезии. Для обработки нанесенных покрытий применялось лазерное оплавление [1-3].

На рисунке 1 представлены графики распределения микротвердости покрытий по глубине для различных режимов лазерной обработки плазменно-напыленных покрытий [4].

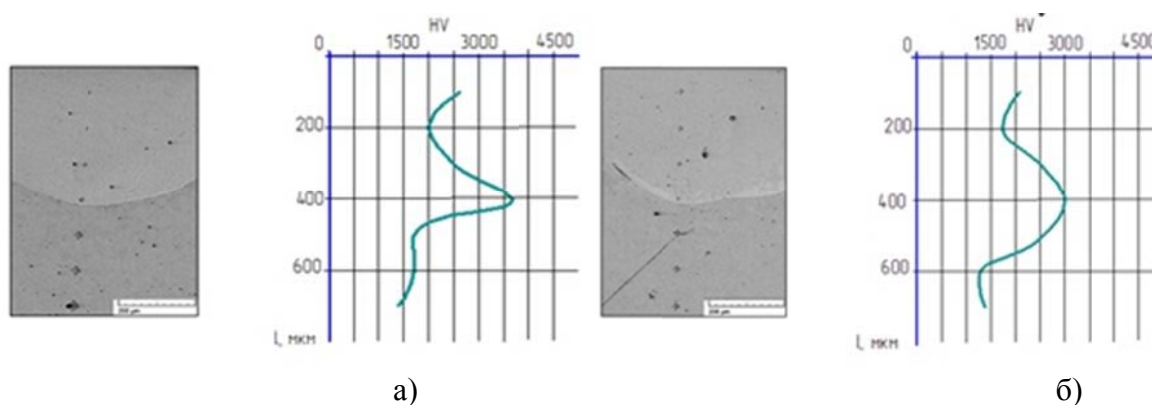


Рисунок 1 – Распределение микротвердости покрытий по глубине для различных режимов лазерной обработки плазменно-напыленных покрытий (диффузионно-легированный порошок ПР-Х18Н9Р3; плотность энергии $0,25 \cdot 10^9$ Вт/м²):
 а – скорость перемещения луча 200 мм/мин; б – скорость перемещения луча 300 мм/мин

Исходя из приведенных данных, можно предположить, что возрастание микротвердости плазменно-напыленных покрытий после лазерной обработки идет как за счет образования боридных включений, так и за счет появления зоны термического влияния в подложке, что наблюдается на графиках. Таким образом, зона повышенной твердости не будет сошлифована при механической обработке, так как она находится на расстоянии не менее 100-150 мкм от поверхности, и будут обеспечены более высокие эксплуатационные показатели деталей [4, 5].

Список использованных источников

1. Наплавка и напыление: учебник / А. Хасуи, О. Моригаки, пер. с яп. В.Н.Попова; под ред. В.С.Степина, Н.Г.Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 583 с.
3. Восстановление деталей: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; под ред. В.П. Иванова — М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

4. Пантелеенко, А.Ф. Лазерное модифицирование плазменно-напыленных покрытий / Пантелеенко А.Ф. // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: Сборник докладов II Международной научно-практической конференции. Минск, 27-28 февраля 2013. - С. 231-233.

5. Пантелеенко, А.Ф. Композиционные покрытия, полученные высокоэнергетическими методами./ А.Ф. Пантелеенко, О.Г. Девойно // Перспективные материалы и технологии. Коллективная монография. Под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2013 г. – Гл. 28. – С. 587–607.

УДК 669

Перспективы применения ионно-плазменного азотирования в производстве

Студентки гр.104210 Лущик М.Э, Савич А.Ю.
Научный руководитель – Пантелеенко А.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является рассмотрение перспективы использования ионно-плазменного азотирования по сравнению с другими видами химико-термической обработки.

Основной задачей увеличения срока эксплуатации деталей, которые составляют структурное единство механизмов агрегата, является повышение их качества. Одним из вариантов решения данной задачи является использование достижений в области упрочнения поверхности. Благодаря современным энергосберегающим и экологически безопасным технологиям термической и химико-термической обработки обеспечивается объемное и поверхностное упрочнение конструкционных материалов [2].

Одной из предлагаемых технологий, отвечающих современным требованиям, является ионно-плазменное азотирование. ИПА – эффективный метод упрочняющей химико-термической обработки деталей обеспечивающий диффузионное насыщение поверхностного слоя стали (шестерен, зубчатых венцов, конических и цилиндрических шестерен, вал-шестерен, шнеков экструдеров, валов, прямозубых, пресс-форм, муфт сложной геометрической конфигурации и др.) , чугуна(пресс-формы, валы, шестерни и др.) азотом в азотно-водородной плазме при температуре 400 – 600°C, титана и титановых сплавов при температуре 800 – 950°C в азотной плазме. Процесс диффузионного насыщения управляем, контролируется расход и концентрация каждого из компонентов газовой смеси N_2+H_2+Ar , давление в рабочей камере и температура процесса. Может быть оптимизирован в зависимости от конкретных требований к глубине слоя и твердости поверхности, обеспечивая тем самым стабильное качество обработки.

Принцип действия ИПА заключается в том, что в разряженной (200 – 1000 Па) азотсодержащей газовой среде между катодом, на котором располагаются обрабатываемые детали, и анодом, в качестве которого служат стенки вакуумной камеры, возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). Это обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, состоящего из внешней – нитридной зоны и располагающейся под ней диффузионной зоны.

В сравнении с широко используемыми способами упрочняющей химико-термической обработки стальных деталей, такими, как цементация, нитроцементация, цианирование и газовое азотирование в печах, метод ИПА имеет ряд преимуществ:

- более высокая поверхностная твердость азотированных деталей;
- отсутствие деформации деталей после обработки и высокая чистота поверхности;
- повышение предела выносливости и увеличение износостойкости обработанных деталей;

- более низкая температура обработки (400-600 °С), благодаря чему в стали не происходит структурных превращений;
- возможность обработки глухих и сквозных отверстий;
- сохранение твердости азотированного слоя после нагрева до 600-650 °С;
- возможность получения слоев заданного состава;
- возможность обработки изделий неограниченных размеров и форм;
- обеспечение полной экологической безопасности;
- повышение культуры производства;
- снижение затрат на расход электроэнергии и газовых сред;
- уменьшенное процентное содержание брака [1].

Свойства азотированного слоя в большой степени определяются его структурой, которая сформировалась в процессе насыщения стали азотом, и превращениями, происходящими в аустените и феррите при охлаждении. Структурный состав поверхностных слоёв состоит из α -фазы (N-феррит), α' -фазы (N-мартенсит), γ' -фазы (Fe_4N) и ε -фазы (Fe_2N). Отличительной чертой микроструктуры азотированного слоя после ионного азотирования является наличие в слое мелкодисперсной очень прочной ξ -фазы. Благодаря наличию в слое этой фазы поверхностная твёрдость азотируемых деталей выше почти на HV 200.

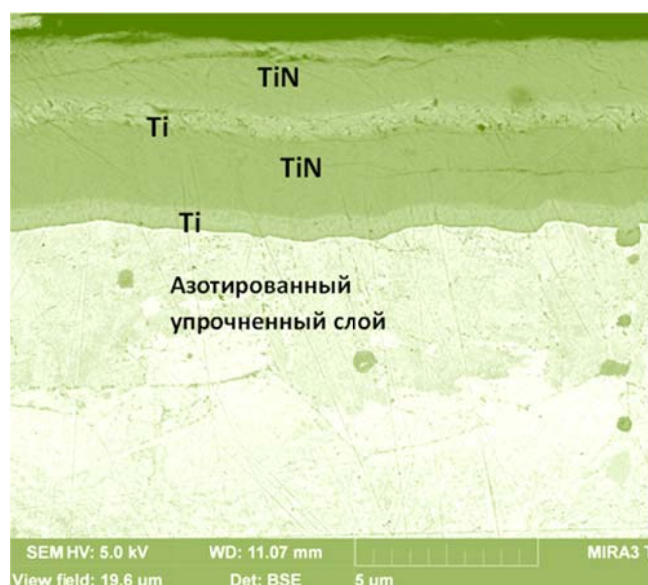


Рисунок 1 – Микроструктура поперечного сечения стали 20X13 после ионно-плазменной модификации (азотирование + покрытие), поле обзора 19,6 мкм

В результате ИПА возможно получение диффузионного слоя с развитой нитридной зоной, обеспечивающей высокую сопротивляемость коррозии и высокие триботехнические свойства для деталей, работающих на износ.

ИПА позволяет существенно снизить коробление и деформацию деталей при сохранении шероховатости поверхности в пределах $Ra=0,63 \dots 1,2$ мкм, что позволяет в подавляющем большинстве случаев использовать ИПА как финишную обработку.

Правильно подобранный режим ионно-плазменного азотирования позволит добиться желаемого качества деталей, которое станет залогом надёжности и долговечности.

Список использованных источников

1. Зинченко, В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки / В.М. Зинченко – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 303 с.

2. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б.Н. Арзамасов – М.: Машиностроение, 1979. - 407 с.

УДК 669.295

Азотирование титана и его сплавов

Студенты группы 104210 Шевцов А.Ю. Савич А.Ю.
Научный руководитель – Ткаченко Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Титановые сплавы нашли широкое применение в современной авиационной промышленности. Это было достигнуто за счет его уникальных механических свойств. Малый удельный вес и высокая прочность (особенно при повышенных температурах) титана и его сплавов делают их весьма ценными авиационными материалами. В области самолетостроения и производства авиационных двигателей титан все больше вытесняет алюминий и нержавеющей сталь.

Однако помимо многих своих положительных качеств титан и его сплавы имеют и отрицательные стороны: обладают низкой износостойкостью, высокой склонностью к налипанию, большим коэффициентом трения в паре практически со всеми материалами.

Эти недостатки титановых сплавов ограничивают их применение для изготовления деталей, работающих на трение. Так, например, если болт и гайку сделать из какого-либо титанового сплава, то болтовое соединение оказывается неразъемным.

Легированием и термической обработкой не удастся существенно повысить антифрикционные свойства титановых сплавов. В связи с этим были предприняты попытки устранить этот недостаток титановых сплавов химико-термической обработкой. Наибольшие успехи были достигнуты при азотировании и оксидировании.

Для химико-термической обработки титана и его сплавов неприемлемы те среды, которые обычно используют при обработке сталей, особенно водородсодержащие газы и их смеси, из-за значительного наводороживания металла до уровня достаточного для развития водородной хрупкости. Так, в частности азотирование проводят не в аммиаке, а в чистом азоте тщательно очищенном от кислорода и влаги.

В соответствии с диаграммой состояния Ti-N (рисунок 1) в процессе азотирования титана при температурах ниже 882 °С на поверхности образуется тонкий слой нитрида титана, а ниже его обогащенный N слой (рисунок 1) α -твердого раствора. Толщина нитридного слоя составляет 4 – 20 мкм, а микротвердость равна $(12-16) \cdot 10^3$ МПа.

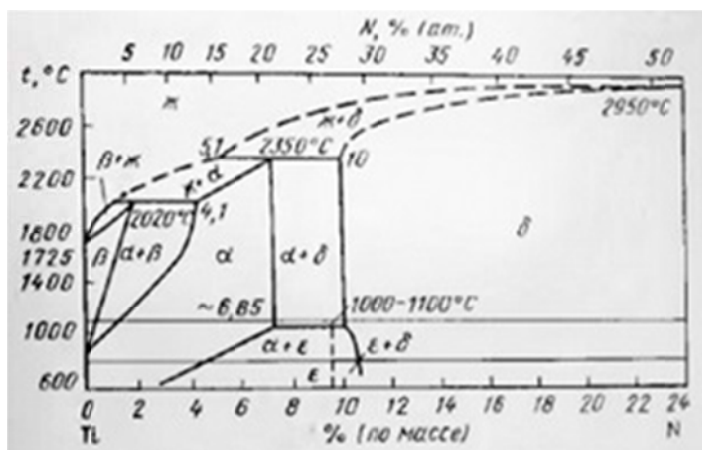


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы Ti – N

За глубину азотирования принимают толщину слоя с повышенной микротвердостью. В ряде случаев между нитридным слоем и металлом наблюдается темная полоса, структура которой представлена фазами $\alpha+\epsilon$ и $\epsilon+\delta$. Эта прослойка образуется при охлаждении титана после азотирования из-за распада α - и δ -растворов предельных составов, соответствующих температуре азотирования.

При азотировании $\alpha+\beta$ -сплавов под нитридным слоем находится альфированный слой, который сменяется структурой, представленной α - и β -фазами (рисунок 2). По мере удаления от альфированного слоя количество α -фазы уменьшается от 100% до значений, типичных для данного сплава. Эти структурные изменения обусловлены α -стабилизующим действием азота.



Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя титана, азотированного при 850 °С в течении 24 ч.

Если азотирование титана проводят при температурах выше 882°С, то образуются три характерных слоя (рисунок 1):

- а) нитридный;
- б) слой, соответствующий α -фазе при температуре азотирования;
- в) слой, соответствующий β -фазе при температуре азотирования.

Образование тонкой нитридной пленки на поверхности титана и его сплавов при азотировании нежелательно, по крайней мере, по двум причинам.

Во-первых, нитридная пленка замедляет диффузию азота в титан, так как коэффициент диффузии азота в нитриде титана во много раз меньше, чем в α и β -фазах.

Во-вторых, нитридный слой обладает высокой хрупкостью. Кроме того, сам слой и примыкающая к ней тонкая зона альфированного слоя имеют недостаточно плотное строение, в связи с чем при доводке поверхности азотированных деталей не удается получить чистоту обработки высокого класса.

Толщину нитридного слоя можно уменьшить азотированием титана и его сплавов в азоте при пониженном давлении или в смеси азота с аргоном. Еще один способ устранения хрупкого нитридного слоя – вакуумный отжиг после азотирования или отжиг в аргоне. Азотирование в десятки раз повышает износостойкость и жаростойкость титановых изделий. Вместе с тем существенно в несколько раз снижаются такие характеристики пластичности как относительное удлинение и особенно поперечное сужение; предел выносливости на базе 10⁷ циклов уменьшается на 10-25 %.

Поскольку толщина газонасыщенных слоев невелика и их твердость резко снижается по мере удаления от поверхности, доводочные операции на оксидированных деталях путем механической обработки резанием или шлифованием не допускаются, возможно лишь полирование пастами со съемам слоя толщиной не более 5 мкм.

Несмотря на ряд недостатков, азотирование является наиболее распространенным видом химико-термической обработки, так как позволяет устранить основные минусы механических характеристик титана и его сплавов.

УДК 621.78

Термодиффузионное борирование деталей золотниковой группы гидромоторов

Студентка гр.104510 Баранова Т.Н.
Научный руководитель – Дашкевич В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технология термодиффузионного поверхностного легирования бором или комплексами на основе бора применима во многих отраслях промышленности, где речь идет об абразивном износе поверхностей деталей машин. К ним можно отнести сельское хозяйство, добывающая отрасль, машиностроение и др. Традиционно технология заключается в термодиффузионном насыщении деталей в порошковых смесях, содержащих определенные компоненты, при печном нагреве в герметичном контейнере [1, 2]. Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получить высокие физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности.

Управление фазовым составом борированных слоев при насыщении в твердых средах в нашем случае велось путем:

- выбора состава насыщающей смеси;
- выбора материала упрочняемой детали;
- выбора температурно-временных параметров процесса.

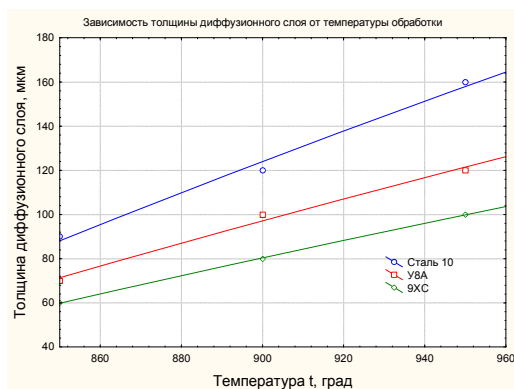
Исследованию подвергались 5 пар золотников, т.е. 5 подвижных (золотники блока) и 5 неподвижных (золотники крышки) двух марок сталей 9ХС и У8А. В общей сложности 20 золотников, из которых часть золотников была разрезана на сектора для исследований. Детали прошли окончательную механическую обработку и имели все размеры в поле допуска. Острые кромки были притуплены.

Проводили выбор температурно-временных параметров термодиффузионного борирования из насыщающей среды Besto-bor [3] с целью достижения минимальной хрупкости диффузионного слоя, оптимального соотношения фаз, толщины слоя и его морфологии на торцевых поверхностях золотников аксиально-поршневых гидромашин. Насыщающие среды, используемые в работе, получены на основе металлотермических смесей. Эти смеси – реализация энергоэффективных ресурсосберегающих технологий. По стоимости они в 7-15 раз дешевле традиционных смесей. Получение их обеспечивается процессом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

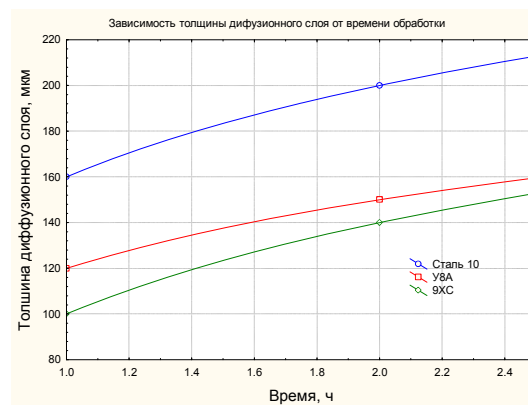
Борирование в металлотермических смесях может проводиться многократно. При повторном использовании для поддержания высокой насыщающей способности целесообразно введение в смесь новой порции активатора и ее перемешивание. После четырех - пятикратного использования смеси требуют освежения путем добавления 20...30 % свежеприготовленной смеси.

По предварительной оценке использование стали 9ХС должно обеспечивать высокий уровень прочностных свойств и твердости. Однако формирование диффузионного слоя на стали с легированной основой может негативно сказаться на хрупкости боридного слоя и его толщине [4]. Сопоставление характеристик разных основ для процесса борирования – одна из важных задач выполняемого исследования.

Зависимости толщины диффузионного слоя от температуры и времени обработки представлены ниже (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Зависимость толщины борированного слоя от температуры (а) и времени обработки (б) в среде Besto-bor на образцах стали 10, 9ХС и У8А

По результатам проведенных исследований рекомендуется к использованию сталь У8А в качестве исходного материала под покрытие. Критерии выбора – функциональные характеристики диффузионного слоя (твердость, хрупкость, морфология слоя) и стоимость материала. Установлен температурно-временной режим обработки в насыщающей смеси Besto-bor: 750 °С – 1 ч и 950 °С – 2,0...2,5 ч. Для снижения коробления деталей применялась скорость нагрева не более 200 °С/ч, с принудительной изотермической выдержкой при температуре 750 °С, скорость охлаждения не более 100 °С/ч. Микротвердость диффузионного слоя зависит от материала основы. Для рассматриваемых марок сталей У8А и 9ХС микротвердость составила не менее 16 000 МПа и отличалась между собой незначительно.

Список использованных источников

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин; под ред. Л.С. Ляховича – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Борирование стали / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978. – 240 с.
3. Besto (Белорусские среды для термодиффузионной обработки) [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://besto.by/vidy-obrabotok/borirovanie>. – Дата доступа : 17.02.2015.
4. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.

УДК 621.785.4

Виды закалочных сред

Студент гр. 10401113 Кацеба Г.В.
 Научный руководитель – Вейник В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В настоящее время известно большое количество закалочных сред и тенденция роста их числа сохраняется. Различают газовые среды, жидкие среды, охлаждающие твёрдые тела, взвеси твёрдых частиц в газе, взвеси твёрдых частиц в жидкости, жидкостно-газовые смеси. Наиболее многочисленна группа жидких сред. Основное назначение закалки – получение стали с высокими твердостью, прочностью, износостойкостью и другими свойствами.

Качество закалки зависит от температуры и скорости нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения.

Виды закалочных сред:

Группы охлаждающей среды		Разновидности охлаждающих сред
Жидкие	На основе воды	Вода Растворы неорганических соединений Растворы органических соединений Водно-масляные эмульсии Водяной туман
	На базе масел	Растительные масла Обычные минеральные масла Минеральные масла с улучшающими добавками Минеральные быстроохлаждающие масла Высокотемпературные минеральные масла
	Расплавленные соли и металлы	Охлаждающие среды на базе солей Водно-соляные охлаждающие среды Расплавленные металлы
Газовые		Воздух Нейтральные газы Смесь нейтральных и восстановительных газов Защитные атмосферы Сжатые газы
Твердые		Плиты, матрицы, формы (возможно охлаждаемые водой) Самопроизвольное охлаждение путем отвода тепла в глубь сечения

Наиболее эффективной, экономически выгодной, энергосберегающей и экологичной является газовая закалка за счёт повышения качества деталей после закалки, отсутствие необходимости дополнительной операции в виде мойки деталей (в случае закалки в масле).

УДК 621.785.5

Особенности определения хрупкости диффузионных борированных слоев на стали

Студентка гр.104510 Баранова Т.Н.
Научный руководитель – Дашкевич В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы являлось изучение особенностей определения хрупкости диффузионных борированных слоев, систематизация данных по методикам их определения.

Одним из эффективных способов поверхностного упрочнения деталей машин и инструментов является борирование, позволяющее повысить твердость и износостойкость [1].

Главным недостатком боридных слоев является их повышенная хрупкость. Хрупкость борированных слоев определяется совокупностью внутренних и внешних факторов, опреде-

ляющих их формирование. К внутренним факторам можно отнести фазовый состав, марку стали обрабатываемой детали, сочетание ее состава и термической обработки с толщиной и структурой слоя, характер распределения напряжений в слое и детали. К внешним факторам относят: состав среды и температурно-временные параметры обработки.

Повышенная хрупкость выражается в склонности к образованию трещин и сколов и объясняется анизотропией свойств боридных фаз (FeB и Fe_2B), напряженным состоянием, а также модулем упругости. Наибольшее распространение для оценки хрупкости борированных слоев получили методы определения микрохрупкости при измерении микротвердости и твердости по методу Виккерса алмазной пирамидой [2]. Позднее эти методики были распространены на твердые сплавы [3] и тугоплавкие соединения [4].

1. Оценка балла хрупкости. Под хрупкостью понимается свойство твердых тел разрушаться без макроскопически выраженной остаточной деформации [5].

Балл хрупкости является качественной характеристикой борированных слоев; проводится по методике оценки хрупкости, применяемой для азотированных слоев, с 4-балльной шкалой [6].

Балл хрупкости определяется по внешнему виду отпечатка алмазной пирамиды в соответствии со шкалой хрупкости, которая проводит градацию отпечатков по количеству и характеру трещин и сколов. Различают 4 балла хрупкости:

1 – нехрупкие слои без искажения формы отпечатка и без трещин;

2 – слегка хрупкие слои без существенного искажения формы отпечатка, при этом допускается образование 1-2 небольших трещин, расположенных параллельно сторонам отпечатка на некотором расстоянии или начинающихся и замыкающихся на одной стороне отпечатка;

3 – хрупкие слои, имеющие искаженные отпечатки и трещины, начинающиеся от вершин отпечатка (1 или 2 трещины), либо двойные трещины, расположенные вдоль всех сторон отпечатка, либо совокупность описанных трещин;

4 – очень хрупкие слои, имеющие множественные трещины (3-5 трещин), расположенные на значительном расстоянии вдоль всех сторон отпечатка, либо трещины, начинающиеся от всех вершин отпечатка, либо совокупность описанных трещин.

Балл 1 и 2 по этой шкале соответствует работоспособным пластичным диффузионным слоям, балл 3 соответствует недопустимой хрупкости слоев и полностью бракует деталь.

2. Количественная оценка балла хрупкости. Для сравнительной оценки боридной зоны может быть рекомендована методика оценки микрохрупкости с помощью микротвердомера [2]. В основу методики положено определение двух результатов:

- изменения числа отпечатков с определенными трещинами при повышении нагрузки;
- изменения числа трещин около одного отпечатка.

После нанесения отпечатков они внимательно анализируются с фиксированием характера возникшей при нагружении трещины. Затем каждому отпечатку присваивается определенный балл хрупкости в соответствии с разработанной шкалой (таблица 1). Несмотря на субъективный подход, характер образующихся трещин с высокой степенью достоверности описывает свойства хрупкого исследуемого материала.

Таблица 1 – Условная шкала оценки балла хрупкости

Балл хрупкости	Характер отпечатка
0	Без видимых трещин и сколов
1	Одна небольшая трещина
2	Одна трещина, не совпадающая с продолжением диагонали отпечатка. Две трещины в смежных углах отпечатка
3	Две трещины в противоположных углах отпечатка
4	Больше трех трещин. Один-два скола у сторон отпечатка
5	Разрушение формы отпечатка

Суммарный балл хрупкости слоя определяется по формуле:

$$Z_p = 0 \cdot n_0 + 1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3 + 4 \cdot n_4 + 5 \cdot n_5$$

где $n_0, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$ – количество отпечатков из общего числа с определенным баллом хрупкости (0, 1, 2, 3, 4, 5).

Обычно общее число отпечатков составляет от 25 до 100.

Чтобы учесть темп нарастания упругой деформации перед хрупким разрушением с ростом нагрузки P , рассчитывают отношение приращения суммарного балла хрупкости к приращению нагрузки.

$$\Delta Z / \Delta P \approx (\partial Z / \partial P)_p$$

Зная суммарный балл хрупкости определяют условный показатель хрупкости материала (диффузионного слоя) [7]:

$$\gamma_p = Z_p \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_p$$

3. Относительное удлинение.

В качестве одной из оценок пластичности боридных слоев используют их склонность к отслаиванию при определении относительного удлинения [8]. Отслаивание боридного слоя в большинстве случаев начинается при общем относительном удлинении или сжатии, равном не менее 1,5 %. Двухфазные боридные слои (FeB – Fe₂B) начинают отслаиваться при пластической деформации 1,5 – 3 %, а однофазные (Fe₂B) при 3 – 4,5 %. Пластичность двухфазного боридного слоя составляет 2 %. С увеличением толщины слоя склонность к отслаиванию боридных слоев увеличивается [1].

4. Испытания на возникновение трещин при изгибе. Для дополнительной (сравнительной) оценки пластичности боридных слоев, можно также использовать методику определения предельной пластичности путем испытаний на изгиб в соответствии с ГОСТ 1419-90. Испытания на изгиб в данном случае проводят до возникновения на поверхности борированных образцов первой трещины. Сопоставляя величину нагрузки, при которой происходит возникновение первой трещины, можно провести сравнительную оценку пластичности боридных слоев, полученных при различных способах борирования.

5. Напряжение скола. Напряжение скола ($\sigma_{ск}$) является минимальным напряжением в образце, вызывающим скол слоя. Оно является результирующим от действия напряжения среза $\sigma_{ск}$ и напряжения отрыва $\tau_{отр}$.

Напряжение скола является интегральной характеристикой хрупкости слоя, самопроизвольно учитывающей физико-механические свойства самих боридов (микротвердость, модуль упругости), фазовый состав, соотношение фаз, их дисперсность и взаимное расположение в слое и на поверхности, напряженное состояние слоя и его пластичность. Чем больше величина $\sigma_{ск}$, тем меньше хрупкость, а значит более пластичным является слой [9]. Напряжение скола $\sigma_{ск}$ определяется при вдавливании алмазной пирамиды на поверхность шлифа по формуле [10]:

$$\sigma_{ск} = \frac{0.174 \cdot P}{2 \cdot l^2 + c \cdot l}$$

где P — нагрузка на индентор при измерении микротвердости;

L — минимальное расстояние от центра отпечатка до края образца, при котором не происходит скалывание боридного слоя;

c — диагональ отпечатка

Список использованных источников

1. Ворошнин, Л.Г. Борирование стали / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978. – 240 с.
2. Икорникова, Н.Ю. Микротвердость / Н.Ю. Икорникова, Л.А. Пикунова – М.: Изд. АН СССР. – 1951. – С. 226 – 233.

3. Palmquist, S. // Jernkontorets Annaler. – Швеция: 1957. – №5 (V. 141). – P. 300-307.
4. Твердость и хрупкость металлоподобных соединений / Г.В. Самсонов [и др.] // Физика металлов и металловедение. – 1959. – Т. 8. Вып. 4. – С. 622-630.
5. Многоязычный толковый словарь «Металлы: Строение, Свойства, Обработка» / Под ред. проф. В.Я. Кершенбаума, проф. Б.А. Прусакова. – М.: Издательский Центр «Наука И Техника», 1999. – 710 с.
6. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
7. Глазов, В.М. Микротвердость металлов / В.М. Глазов, В.Н. Вигдорович. – М.: Металлургиздат, 1962. – 224 с.
8. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин; под ред. Л.С. Ляховича – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
9. Крукович, М.Г. Разработка теоретических и прикладных аспектов управления структурой и свойствами борированных слоев и их использование при производстве транспортной техники // Дисс. докт. техн. наук. – М.: МНИТ, ВНИИЖТ, 1995. – 416 с.
10. Григоров, П.К. Методика исследования хрупкости борированного слоя / П.К. Григоров, Б.Б. Катханов // Повышение надежности и долговечности деталей машин: труды НИИТМа. – Ростов-на-Дону: 1972. – Вып. XVI. – С. 97-99.

УДК 621.78.061

Вакуумная термообработка металлических изделий

Студентка гр. 104211 Шкут В.А.
Научный руководитель – Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Термическая обработка в вакууме и методы вакуумной плавки сегодня широко используются для создания широкого спектра материалов, получение которых невозможно никаким другим способом. При термообработке в соляных ваннах и печах с окислительной или защитной атмосферой у обрабатываемых деталей на поверхности образуется либо пленка оксидов, либо окалина. В общепромышленных электропечах достаточно тяжело контролировать деформацию и коробление деталей по целому ряду причин:

- тепловой удар из-за погружения деталей в расплав солей,
- пластическая деформация при переносе металлоизделий в закалочный бак,
- коробление, возникающее при закалке в электропечах с защитной или окислительной атмосферой.

Для решения этой проблемы стали применять вакуумные электропечи сопротивления.

Вакуумные технологии незаменимы для производства специальных сплавов, которые не могут быть получены вне вакуума или инертной атмосферы вследствие их высокой окисляемости. Контролируемая атмосфера ограничивает формирование окисных неметаллических включений в расплаве.

Вакуумная термообработка металлических изделий быстроразвивающаяся технология машиностроения. Для проведения термообработки в термическом цехе партия деталей помещается в вакуумную печь. Вакуумная печь представляет собой камеру, работающую под давлением, оснащённую теплоизоляцией и системой нагрева. После загрузки камера вакуумируется так, что воздух удаляется из камеры, т.е. нет риска окисления деталей. Детали нагреваются в вакууме или конвективно. При конвективном нагреве, инертный газ, обычно азот, при давлении до 2 бар, подаётся в камеру после вакуумирования. Путём перемешивания газа во время нагрева достигается высокая равномерность температуры в деталях и садке, что снижает возможность появления короблений. После соответствующей выдержки при

соответствующей температуре закалки детали охлаждаются газом. Тип используемого газа и необходимое давление зависят от детали (материал, форма), а также от требуемых результатов термообработки, и может выбираться заранее.

Это технология имеет ряд основных преимуществ:

- отсутствует окисление поверхности, уменьшаются припуски на металлообработку;
- светлая поверхность при термообработке легкоокисляемых металлов и сплавов, разрушается исходная оксидная пленка и не образуется новая;
- отсутствует обезуглероживание в поверхностном слое в условиях безокислительного нагрева;
- исключается водородное охрупчивание поверхности стали;
- дегазация из поверхностного слоя изделия как сопутствующий процесс при нагреве;
- деформация и коробление деталей минимальны;
- комбинированная термообработка в вакууме и защитной среде;
- обеспечивается чрезвычайно высокое качество термообработки;
- экологическая безопасность технологии.

Для термообработки металлов в вакууме можно применять электрические печи сопротивления или индукционные.

Вакуумная термическая обработка металлоизделий стала крайне необходимой технологией во многих отраслях промышленности как наиболее практичная и универсальная, а в ряде случаев безальтернативная технология.

УДК 669.58

Виды цементации

Студент гр. 10401113 Шуман А.Ю.
Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цементация – процесс поверхностного насыщения стали углеродом при температуре 900 – 950°С. Цементации подвергают малоуглеродистые и низколегированные стали (менее 0,2% например, стали 12ХНЗА, 18ХНВА и др.), реже легированные и высокоуглеродистые стали. Этот процесс с последующей термообработкой позволяет получить на деталях высокую поверхностную твердость (до НРС65), прочность и износостойкость при вязкой сердцевине. Оптимальное содержание углерода в цементированном слое 0,8...0,9%, но не более 1,2%. Толщина слоя 0,5...2,0 мм.

Цементацию проводят в газовой среде, в твердом карбюризаторе, жидкой среде и в различных пастах.

При твердой цементации детали загружают в ящики вместе с карбюризатором — веществом, содержащим углерод. Карбюризатором является смесь древесного угля с углекислыми солями (активаторами), вводимыми в количестве 20...40%. Добавление к углю углекислых солей (BaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3) активизирует карбюризатор вследствие образования углекислого газа при разложении солей и реакции с углем ($\text{BaCO}_3 = \text{BaO} + \text{CO}_2$; $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$).

Оптимальный размер твердых частиц карбюризатора составляет 3...5 мм. Цементационный ящик изолируют от внешней среды, промазывая швы и щели специальными огнеупорными обмазками, в помещают в печь, нагретую до 900...950° С.

Для газовой цементации используют различные газы, содержащие углерод: окись углерода, предельные углеводороды ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) – метан, этан, пропан, бутан, природный газ и др. Газ готовится отдельно. Температура газовой цементации 920...950°С.

В процессе цементации достигается лишь выгодное распределение углерода по глубине поверхностного слоя детали. Поэтому для получения высокой твердости и износостой-

кости поверхностного слоя при вязкой сердцевине детали после цементации подвергают закалке (850...900°C) и низкому отпуску (180...200°C).

Цементированный слой детали после такой обработки имеет твердость HRCэ58...62, а сердцевина – порядка HRCэ 25...35. Цементация в жидких средах используется для упрочнения сталей на малую глубину, до 0,2 мм. Она осуществляется в расплаве солей 75 ...85% Na₂CO₃ и 10...15% NaCl с добавкой 6...10% карбида кремния (SiC); последний, взаимодействуя с содой, разлагается и выделяется атомарный углерод. Процесс ведется при температуре 815...850°C в зависимости от состава стали.

В последнее время имеются рекомендации о применении вакуумной цементации, проводимой при температуре 1040°C (нагрев. 45 мин, выдержка 32 мин, глубина слоя 1,25 мм) с последующей закалкой. Этот процесс имеет ряд преимуществ: высокая скорость цементации, хорошая чистота поверхности, нет внутреннего окисления, небольшой расход карбюризатора. Процесс обработки полностью автоматизирован.

Цементированные детали из легированных сталей после закалки рекомендуется подвергать обработке холодом (-40...-70°C) с последующим низким отпуском.

При обработке холодом продолжительность выдержки устанавливается не менее 2 ч. Обработка холодом проводится с целью завершения процесса превращения остаточного аустенита в структуре цементированного слоя в мартенсит, в результате чего повышаются твердость (HRCэ > 61) и износоустойчивость цементированного слоя и стабилизируются размеры деталей.

УДК 669.295

Ионное азотирование титана и его сплавов

Студент группы 104210 Шевцов А.Ю.

Научный руководитель – Ткаченко Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время эффективным способом модификации поверхности титана и его сплавов является химико-термическая обработка (ХТО), а именно – процесс азотирования. Недостатком газового азотирования является длительное время обработки (более 30 ч), и, кроме того, температура достигает 950...1470° С. Одним из путей интенсификации процесса азотирования является использование тлеющих разрядов в газе, что позволяет наряду с большой скоростью насыщения сплавов азотом получать целенаправленно контролируемую структуру поверхностного слоя при сохранении механических свойств материала с учетом конкретных условий эксплуатации изделий.

В разряженной газовой среде между катодом и анодом возбуждается тлеющий разряд, который ионизирует газ. Ионизация газа – процесс образования положительных или отрицательных ионов из электрически нейтральных частиц. Ионизация газовой среды характеризуется степенью ионизации, равной отношению концентраций заряженных частиц к концентрации нейтральных частиц.

Вольт-амперная характеристика газового разряда – это кривая, характер которой обусловлен большим числом факторов, основными из которых являются: давление, состав газа, материал катода, температура процесса, состояние поверхности, и конфигурация электродов.

Тлеющий разряд – это самостоятельный газовый разряд, отличающийся малой плотностью тока на катоде и большим катодным падением потенциала. Таким образом, ионная ХТО – это химико термическая обработка в сильных электростатических полях, т. е. катодный процесс. Положительные ионы газа, ускоренные в области катодного падения потенциала, непрерывно бомбардируют поверхность катода и выбивают из него электроны.

Процессы ХТО осуществляются при аномальном (нестабильном) и сильноточном тлеющем разряде (рисунок 1).

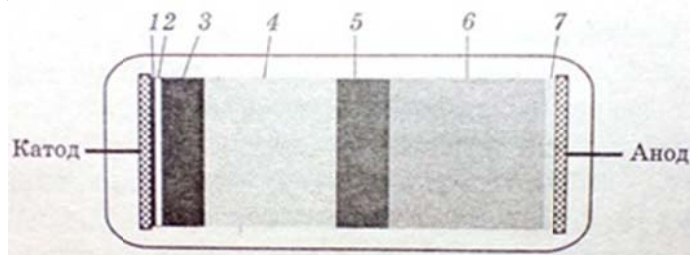


Рисунок 1. – Структура тлеющего разряда:

- 1 – темное пространство; 2 – катодная тлеющая кромка; 3 – темное катодное пространство;
 4 – область отрицательного тлеющего свечения; 5 – темное фарадеево пространство;
 6 – светящийся положительный столб; 7 – анодное свечение

При этом поверхность катода излучает характерное люминесцентное свечение в виде так называемой катодной тлеющей кромки. Она ограничена узким пространством 0,5...2,0 мм. В области темного катодного пространства происходит интенсивная ионизация частиц газа. При расстоянии между анодом и катодом менее 2 мм тлеющий разряд не может существовать. Это обстоятельство используют на практике для локальной защиты от ХТО с помощью экранов.

Тлеющий разряд может быть получен при любых давлениях газа. При взаимодействии (соударениях) положительно заряженных ионов с насыщаемой деталью (катодом) происходит равномерный нагрев поверхности детали; катодное распыление; диффузионное насыщение. Чтобы убедиться в том, что ионное азотирование действительно положительно сказывается на механических характеристиках титана рассмотрим этот процесс на примере сплава ВТ6.

Ионное азотирование проводилось при следующих параметрах: в условия проявления ЭПК рабочее давление $P = 80$ Па, ток разряда $I = 1,5$ А, и напряжение разряда $U = 600$ В; без ЭПК рабочее давление $P = 300$ Па, ток разряда $I = 3$ А, и напряжение разряда $U = 600$ В.

Результаты измерения микротвердости по глубине азотированного слоя представлены на рисунке 2. По графику видно, что ионное азотирование с проявлением ЭПК имеет преимущество перед традиционным ионным азотированием в толщине получаемого слоя.

Наблюдается увеличение толщины упрочненного слоя со 180 мкм до 380 мкм, (примерно в 2 раза).

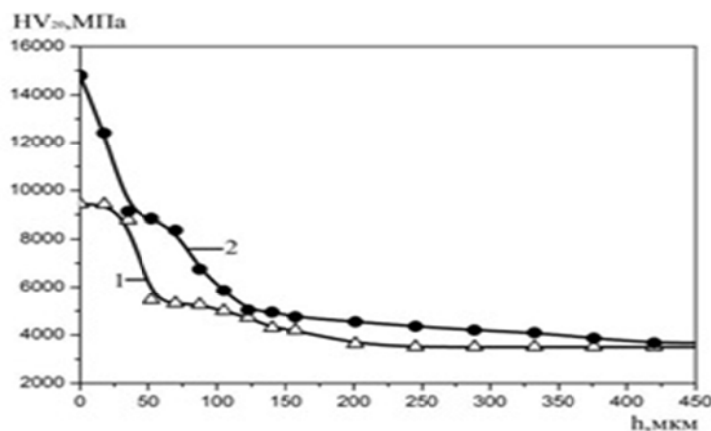


Рисунок 2 – Изменение микротвердости по глубине азотированного слоя:
 1 – без ЭПК; 2 – с проявлением ЭПК (эффект полого катода)

Таблица 1 – Микротвердость с поверхности азотированных образцов

Способ азотирования	Исходная микротвердость Hv20 МПа	После азотирования Hv20 МПа	Время насыщения τ , ч	Режимы ионного азотирования			
				P, Па	T, °C	I, А	U, В
С ЭПК	3570	14800	4	90	50	1,5	600
Без ЭПК		9430		300		3	

Таким образом видно, что микротвердость образцов из исследуемого сплава после азотирования в тлеющем разряде с проявлением ЭПК увеличилась 4,1 раза, а без ЭПК – в 2,6 раза по отношению к твердости исходного материала. Кроме этого ионное азотирование с проявлением ЭПК имеет преимущество перед традиционным ионным азотированием в толщине получаемого слоя примерно в 2 раза.

УДК 621.785.4

Использование газовой закалки в машиностроении

Студент гр. 10401113 Кацеба Г.В.
 Научный руководитель – Вейник В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Растущий интерес к газовой закалке объясняется эксплуатационными и экологическими преимуществами этой технологии, по сравнению с традиционной масляной закалкой. Детали, прошедшие газовую закалку, чисты и не требуют последующих доводочных операций. Кроме того, использование азота, аргона или гелия в качестве закалочной среды избавляет от необходимости в системах противопожарной безопасности.

При закалке в жидких средах охлаждение происходит за счет одновременного теплоотвода по следующим механизмам: парообразование, кипение и конвекция. Все это приводит к возникновению значительных термоградиентов в закаливаемых деталях. В случае закалки в газовых средах имеет место лишь конвекционный теплоотвод во всем диапазоне температур.

Более равномерная скорость охлаждения приводит к снижению уровня напряжений в закаливаемых деталях. Это преимущество, особенно, важно в массовом производстве, например, в автомобильной промышленности, поскольку расходы на окончательную доводку и отделку можно либо существенно сократить, либо, вообще, избежать их. Другое преимущество газовой закалки – возможность в широких пределах варьировать скорость охлаждения, за счет регулировки давления и скорости газа.

Газовая закалка производится в вакуумных электропечах (рисунок 1) и обладает рядом преимуществ, по сравнению с общепринятыми системами закалки в жидких охлаждающих средах:

- гибкое изменение скоростей охлаждения, даже в пределах одного цикла.
- газовая закалка обеспечивает полное упрочнение многих сталей, которые ранее калились в масле. В случае закалки в жидкостях, когда скорость охлаждения фиксирована, требуются системы из нескольких ванн.
- можно осуществлять микропроцессорный контроль и создавать направленный газовый поток для обеспечения однородности охлаждения.
- возможность более тщательного контроля скоростей разогрева и закалки, что обеспечивает повышение производительности и сведение к минимуму деформаций деталей.
- детали, прошедшие газовую закалку имеют не окисленную, светлую поверхность.

- вакуумные электропечи не имеют выхлопов, содержащих токсичные или воспламеняющиеся газы, что обеспечивает их повышенную пожарную и экологическую безопасность, в сравнении с закалкой в жидкости в обычной атмосферной электропечи.

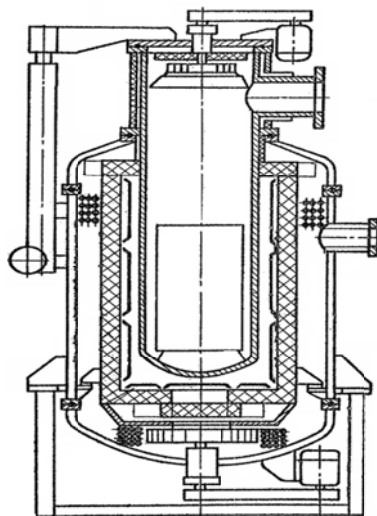


Рисунок 1 – Вакуумная электропечь

УДК 669.13

Использование 3D-принтеров в металлургии

Студент гр. 10401113 Кисин М.В.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Как работает метод 3D-прототипирования в металлообработке? Ученые из амстердамской лаборатории Йориса Лармана создали уникальную технологию 3D-печати металлических изделий. «Печатью» этот процесс можно назвать лишь потому, что трудно подобрать более близкую аналогию. Технология голландских ученых работает без использования каких-либо опорных конструкций, на которых держались бы создаваемые объекты. Металлические предметы в процессе «печати» буквально висят в воздухе.

3D-принтер состоит из двух частей – сварочного аппарата, который плавит и распределяет металл, и роботизированного крана-манипулятора. С помощью экструзии – продавливания расплавленного металла через небольшие отверстия экструдера – тонкие нити металла ненадолго повисают в воздухе, и за это время на них успевают наслоиться другие нити. Во время этого процесса из пересечения продольных, поперечных и диагональных линий-нитей постепенно возникает форма будущей конструкции.

Смелая технология называется MX3D-Metal 3D printing initiative и может использовать для создания трехмерных объектов нержавеющую и обычную сталь, бронзу, алюминий, медь. Изделия из всех этих металлов могут быть созданы без участия опорных конструкций.

Авторы проекта пытаются увеличить ассортимент используемых в их технологии металлов, для этого они разрабатывают новые экструдеры с разными отверстиями для выхода расплавленного металла.

Параллельно создается программное обеспечение для 3D-принтера, которое позволит точнее задавать параметры будущего изделия.

Современная система 3D-моделирования из металла путём сплавления лазером металлических порошков. Промышленный 3D-принтер по металлу EOSINT используется для

изготовления моделей, прототипов деталей и вставок для пресс-форм. Предыдущая модель, 3D-принтер EOSINT M 270, получил заслуженное признание и стал лидером рынка эксклюзивной технологии послойного синтеза металлических деталей. Промышленный 3D-принтер по металлу EOSINT 280 (рисунок 1) – новейшая усовершенствованная модель, позволяющая получить высококачественные металлические изделия, на основе исключительно данных САD-файла, в полностью автоматическом режиме.

На изготовление изделия, которое может содержать неразъемные шарниры, требуется всего несколько часов, без какой-либо дополнительной обработки.



Рисунок 1 – Промышленный 3D-принтер по металлу EOSINT M 280

Технология послойного «выращивания» металлических объектов называется аддитивным производством (от англ. add – добавлять). Аддитивная методика печати металлоизделий имеет ряд преимуществ перед традиционным конвейерным производством: она не требует расходов на содержание производственных линий, сокращает объем выбрасываемых в окружающую среду отходов. А главное, 3D-печать обладает большой гибкостью в плане дизайна и позволяет создавать множество новых форм, что особенно важно в самолето- и ракетостроении, медицине и других высокотехнологичных областях.

Американский предприниматель и инженер Дэвид Харткоп изготовил принтер под названием MiniMetalMaker, который будет стоить всего 750 долларов. Устройство Харткопа использует для создания трехмерных объектов так называемую металлоглину. Ее изобрели еще в 1990 году в Японии. Этот гибридный материал состоит из мельчайшей металлической крошки, смешанной с водой и органической вязкой эмульсией. Фокус металлоглины в том, что из нее с помощью разнообразных форм можно вылеплять практически что угодно, как из обычной глины.

После «лепки» на принтере изделие высушивается и обжигается – аналогия с гончарной глиной все еще актуальна. Но если после обжига условный горшок или блюдо готовы к использованию и обладают определенными, всем известными свойствами, то металлоглина позволяет получить именно вещь из металла. Органическая вязкая добавка при обжиге выгорает, а металлическая стружка плавится и спекается в цельное металлическое изделие.

«Напечатанное» изделие из металлоглины можно обжигать на обычной газовой горелке. После обжига предметы теряют слоистую структуру, характерную для изделий, изготовленных на 3D-принтере. Металлическая крошка спекается довольно плотно, и объекты по прочности практически не отличаются от изделия из цельного металла. Они могут подвергаться такой же обработке: сверлению, шлифованию, распиливанию.

Восстановление функциональных зависимостей для опытных данных

Студент гр. 10405513 Астрашаб Е.В.
Научный руководитель – Мельниченко В.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель работы: используя средства MS Excel, обработать экспериментальные данные и построить наилучшее приближение в виде функциональной зависимости. Функциональная зависимость выбирается из имеющихся возможностей MS Excel 2010.

Источники данных: В качестве источника опытных данных взято справочное пособие Ворошин, борирование промышленных сталей и чугунов, 1981.

Порядок выполнения:

В MS Excel заполняем таблицу, в которой в двух столбцах содержатся данные взятые из справочника.

Строим диаграмму выделив таблицу. В качестве опорной применяем точечную диаграмму. Опытные точки отображаем, не соединяя их. Добавляем линию тренда.

Порядок добавления линии тренда: выделяем ряд данных левой клавишей мыши, щелкнув один раз на любой точке.

Вызываем контекстное меню и выбираем строку «добавить линию тренда».

Настройка параметров линии тренда

Порядок выборки параметров: анализируем вид и расположение точек на диаграмме.

Справа выбираем тип линии. В нашем случае надо выбирать полиномиальную или степенную зависимость. На диаграмме сразу появится полученное приближение добавляем «показывать уравнение на диаграмме». И «поместить на диаграмму вылетину достоверности аппроксимации». Нажимаем кнопку «Закреть»

Просматриваем окончательный вид диаграммы (рисунок 1).

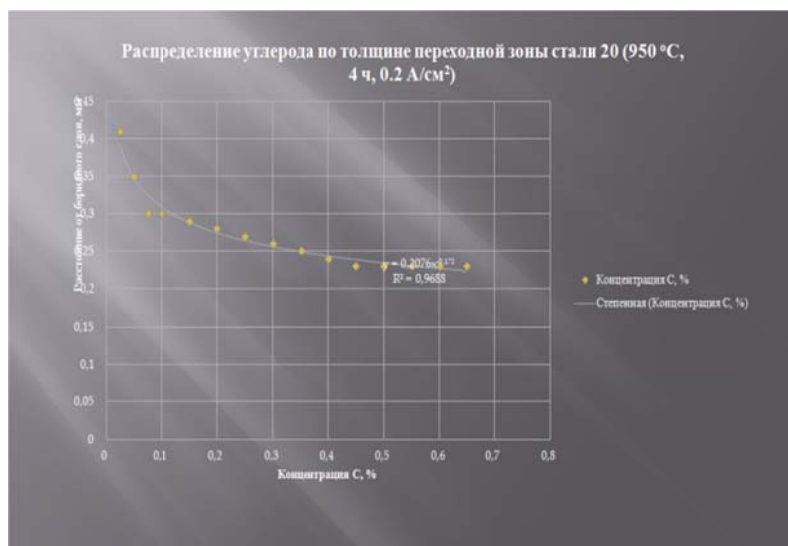


Рисунок 1 – Окончательный вид диаграммы

Студент гр. 10401113 Касьянов К.В.
Научный руководитель – Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

DEFORM – специализированный инженерный программный комплекс, предназначенный для анализа процессов обработки металлов давлением, термической и механической обработки. **DEFORM** позволяет проверить, отработать и оптимизировать технологические процессы непосредственно за компьютером, а не в ходе экспериментов на производстве методом проб и ошибок. Благодаря этому существенно сокращаются сроки выпуска продукции, повышается ее качество и снижается себестоимость.

Основные модули DEFORM:

- DEFORM–3D – модуль, предназначенный для моделирования трехмерных процессов обработки металлов давлением
 - DEFORM–2D – модуль, предназначенный для моделирования двумерных процессов обработки металлов давлением (осесимметричные и плоские задачи)
 - DEFORM–F3 – модуль, предназначенный для моделирования трехмерных процессов обработки металлов давлением. Является «облегченной» версией DEFORM 3D
 - DEFORM–F2 – модуль, предназначенный для моделирования двумерных процессов обработки металлов давлением (осесимметричные и плоские задачи), «облегченная» версия DEFORM 2D
 - DEFORM HT3 и DEFORM HT2 – модули, предназначенные для моделирования соответственно трехмерных и двумерных (осесимметричные и плоские задачи) процессов термической обработки
 - DEFORM–TOOLS – модуль, предназначенный для создания анимаций и презентаций
- Моделирование процесса штамповки в DEFORM–3D производится в следующей последовательности:

1. Создание моделей (матрица, пуансон, заготовка) в любой из CAD систем, и их последующее экспортирование.
2. Работа в препроцессоре (задание начальных условий, разбиение модели на конечные элементы, задание параметров движения пуансона и др.).
3. Процессор (расчет поставленной задачи).
4. Работа в постпроцессоре программы (анализ результатов).

Задача: моделирование процесса штамповки латунной заготовки с последующим его анализом.

Материал заготовки - ЛС 59-1. Температура горячей обработки: 780 – 820 °С.

После создания трех моделей (заготовка, пуансон, матрица) необходимо запустить DEFORM–3D и открыть препроцессор программы. В препроцессоре импортируем модель заготовки и задаем ее параметры (рисунок - 1):

- 1) Выбираем «тип объекта» – пластичный, и задаем материал заготовки. В библиотеке материалов отсутствует ГОСТ, поэтому выбираем аналог материала, для ЛС 59-1 аналогом является CuZn40Pb2.
- 2) Задаем температуру заготовки. Для CuZn40Pb2 температура горячей обработки – 780 – 820 °С. Указываем 780 °С.

3) Переходим во вкладку «Геометрия». Здесь импортируем ранее созданную модель (возможно проверить модель на ошибки и при необходимости их исправить, или указать иные параметры геометрии).

4) Во вкладке «Сетка» указываем кол-во элементов, на которое будет разбита модель, чем выше их количество, тем произведенный расчет будет точнее. При необходимости можно вручную указать параметры сетки.

Данная программа использует метод локального перестроения сетки, что положительно сказывается на точности расчета. Параметры перестроения сетки так же возможно указать.

5) Заходим во вкладку «Свойства». В данной вкладке необходимо учесть закон постоянства объема. В данной ситуации лучшим будет связать объем со сгенерированной ранее сеткой.

6)

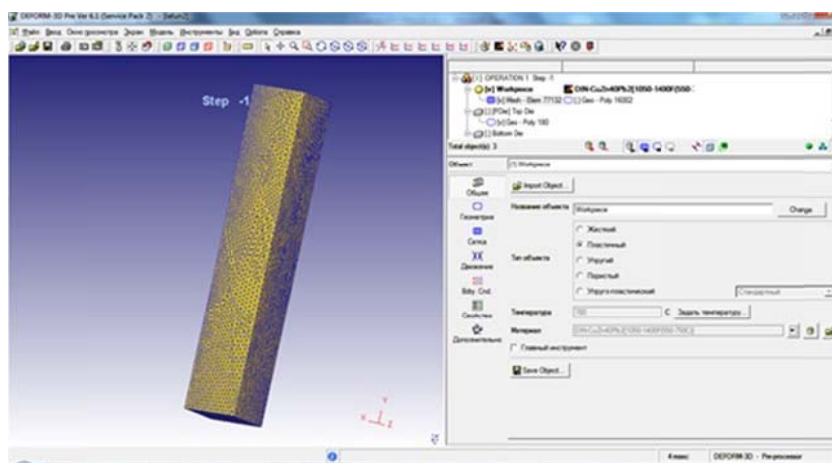


Рисунок 1 – Общие параметры заготовки

После введения параметров заготовки то же проделываем с пуансоном и матрицей, однако при выборе «типа объекта», для упрощения расчетов, необходимо указать – «Жесткий». При данной настройке отсутствует необходимость указывать материал.

При введении параметров для пуансона необходимо задать ему движение. Для упрощения зададим ось движения и скорость, которую можно рассчитать из паспорта прессы.

Далее необходимо расположить тела друг относительно друга. Для этого следует зайти в позиционирование тел и задать их расположение. Программа позволяет задавать контакт между телами, указывая параметры этого контакта. В данной задаче между пуансоном и заготовкой указывается трение, которое достигается путем добавления смазки.

После позиционирования можно зайти в «Управление моделирования» и задать параметры шага (кол-во, размерность, параметры сохранения шага) и параметры остановки расчета, в нашем случае это расстояние между пуансоном и матрицей.

Затем генерируем базу данных и запускаем расчет.

По окончании расчета заходим в постпроцессор и проводим анализ процесса. В пре-процессоре возможно анализировать каждый шаг расчета, так же существует возможность построения различных зависимостей, анализа поверхности контакта с инструментом, наблюдать течение металла в заданном сечении, анализировать напряжения на поверхности или в заданном сечении, наблюдать распространение температуры и др.

Заключение: моделирование процесса штамповки позволило подобрать объем заготовки с минимальным облоем. Из построенной зависимости усилия от шага (рисунок 2) видно, что необходимая форма поковки достигается при усиллии пуансона 35,4 тонны, с учетом запаса выбираем пресс с максимальным усиллием 40т.

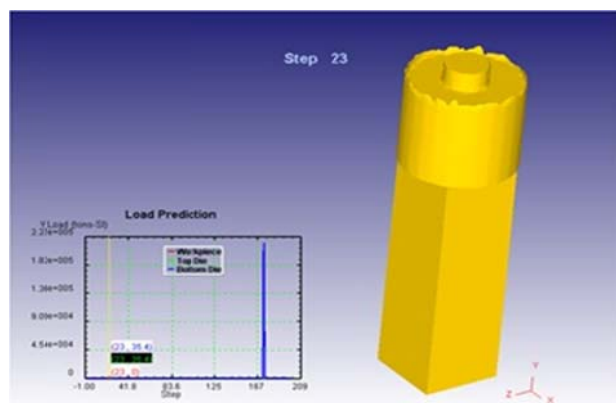


Рисунок 2 – Зависимость нагрузки пуансона от шага

УДК 621.745.669.13

Применение комплекса ANSYS для моделирования фрезерования резца

Студент гр. 10401113 Касьянов К.В.

Научный руководитель – Мельниченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

ANSYS - это программный пакет конечно-элементного анализа, решающий задачи в различных областях инженерной деятельности.

Исследование проведения конструкции при нагружении с помощью ANSYS предполагает выполнение следующих действий:

Создание модели в ANSYS или других CAD системах с последующим экспортом модели.

Задание параметров материала, из которых состоит объект.

Разбиение области на конечные элементы.

Задание краевых условий и нагрузок.

Решение

Просмотр и анализ результатов решение с помощью постпроцессора.

Задача: Рассчитать конструкцию для фрезеровки резцов на прочность.

Описание конструкции:

Данная конструкция (рисунок 1) предназначена для фрезерования резцов (на модели изображен один резец для облегчения модели).

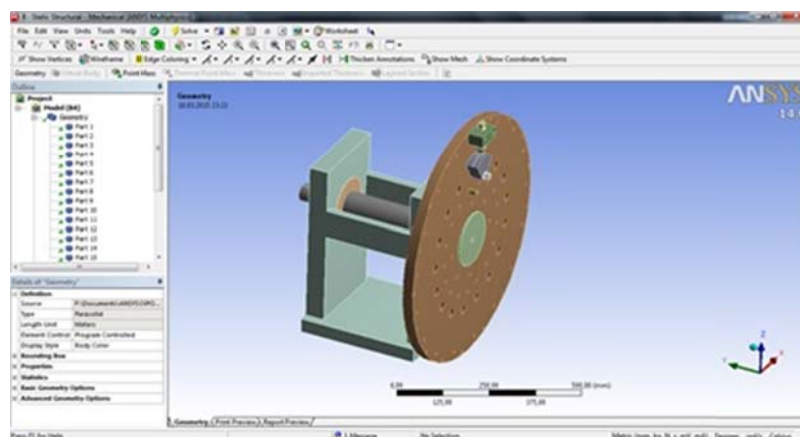


Рисунок 1 – Модель конструкции

Редуктор подключен к вариатору и вращает вал с необходимой скоростью (скоростью резанья). Кулачек зажимает резец в корпусе. При вращении вала закрепленный резец поступает на фрезу с необходимой скоростью для снятия лыски. При этом конструкция испытывает нагрузку, которую необходимо рассчитать.

После создания модели в ANSYS или других CAD системах необходимо выбрать анализ. Для расчета напряженно-деформированного состояния выбираем анализ StaticStructural, затем задаем материал. Его можно выбрать из уже существующей библиотеки материалов (выбрать Engineeringdata), или создать необходимый, задав его свойства. Каждой детали конструкции можно задать свой материал.

Для выбора материала необходимо импортировать созданную модель, сгенерировать контакты между частями конструкции(генерируются автоматически как bonded- связанные тела или вручную, в зависимости от особенностей конструкции) и построить сетку конечных элементов. Затем необходимо нагрузить конструкцию (рисунок 2). В данном случае необходимо задать силу и ее направление, с которой фреза деформирует резец, и неподвижную опору (стойку).

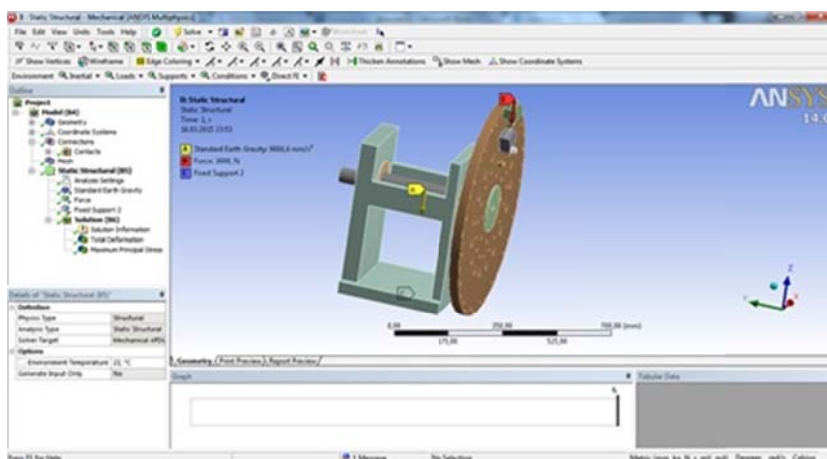


Рисунок 2 – Нагружение конструкции

После того как заданы условия нагрузки можно переходить к решению(Solution).

Решение представляет собой различные анализы. В данном примере нам необходимо знать деформацию и нагрузку(totaldeformation, maximumprincipalstress). Закончив с выбором анализа, запускаем расчет(Solve). После выполнения расчетов, в постпроцессоре представлено графическое решение (рисунок 3) и значения деформации и напряжения в любой точке конструкции.

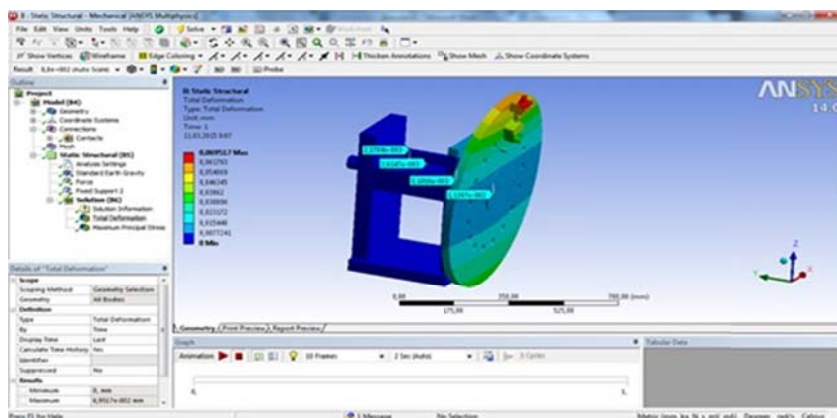


Рисунок 3 – Деформация конструкции

Определим деформацию вала. Для этого скроем части конструкции и определим деформацию вала. Деформация вала составляет 0,01мм, что допустимо. Из анализа нагрузки определяем нагрузку на валу. Она составляет 36,46 МПа.

УДК 621.785.92

Влияние криогенной обработки на структурные превращения и изменения физико-механических свойств стали

Студент группы 104210 Коротков А.С.
Научный руководитель – Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является изучение влияния криогенной обработки высокоуглеродистой и легированной стали на её структуру и, соответственно, свойства.

В структуре закаленной стали, содержащей более 0,5% С, имеется некоторое количество достаточно мягкого остаточного аустенита, что обусловлено ее химическим составом и режимом термообработки. В результате этого понижаются твердость, прочность, теплопроводность и магнитные свойства, возрастает вязкость стали, изменяются размеры, ухудшается качество поверхности изделия.

Отпуск закаленной стали с целью ликвидации или уменьшения количества остаточного аустенита в большинстве случаев неэффективен, поскольку не достигается необходимая степень распада остаточного аустенита и его замещения мартенситом. Для улучшения структуры закаленной стали, уменьшения в ее составе количества аустенита, повышения качества и прочности изделий наиболее рационально использовать **криогенный метод обработки металлов (обработка и воздействие холодом)**.

Криогенной обработкой обеспечиваются улучшение механических и режущих свойств инструментов (в том числе из быстрорежущих сталей), повышение их износостойкости и твердости, а также повышение износостойкости контрольно-измерительных инструментов, штампов и пресс-форм, изготовленных из высокоуглеродистых и легированных конструкционных сталей; увеличивается твердость коррозионно-стойких сталей с повышенным содержанием углерода; улучшается качество поверхностей, подвергаемых полированию или доводке (наличие мягких и вязких аустенитных участков в структуре поверхностного слоя препятствует созданию однородной зеркальной поверхности).

Таблица 1 – Влияние 1% легирующих элементов на температуру конца мартенситного превращения

Легирующий элемент	Снижение температуры конца мартенситного превращения, °С
Марганец	45
Никель	26
Ванадий	30

В таблице 2 приведены средние коэффициенты расширения аустенитно-мартенситных фаз стали.

Распад остаточного аустенита и превращение его в мартенсит происходят в определенном интервале температур. Если закалка осуществляется при пониженных температурах, то аустенит мало насыщается кислородом, его превращение полностью заканчивается при температуре ниже нуля, и охлаждение не вызывает дополнительных аустенитных превращений. Выполнение закалки при повышенных температурах приводит к образованию аустенита с высокой концентрацией по углероду и легирующим элементам. При охлаждении стали, закаленной при повышенных температурах, до температур, меньших нуля, происходит дальней-

шее превращение аустенита в мартенсит. Этот процесс продолжается вплоть до достижения температуры конца мартенситного превращения (таблица 3). Границы температур начала и конца мартенситного превращения существенно зависят от химического состава стали, наличия в ней легирующих примесей.

Таблица 2 – Средние значения коэффициентов расширения

Структурная составляющая стали	Термический коэффициент расширения, °С	
	$\alpha \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
Аустенит Мартенсит	23,0	70,0
	11,5	35,0

Таблица 3 – Влияние криогенной обработки на свойства стали

Сталь	Мартенситные точки, °С		Количество аустенита, %		Прирост твердости (HRC) после обработки
	M _n	M _k	До обработки	После обработки	
У8	250-225	-55	4-8	1-6	1,0
У12	175-160	-70	10-20	5-14	3-4
Х	180-145	-90	9-28	4-17	3-6
ХВГ	155-120	-110	13-45	2-17	5-10

Охлаждение ниже температуры конца мартенситного превращения не вызывает дальнейшего превращения аустенита в мартенсит. Чем больше углерода и легирующих элементов в стали, тем выше температура закалки, тем большее количество остаточного аустенита получается в закаленной стали и, следовательно, тем ниже температура начала *M_n* и конца *M_k* мартенситного превращения (таблица 2). На количество остаточного аустенита оказывает влияние и скорость охлаждения стали в области температур мартенситного превращения. С уменьшением этой скорости количество остаточного аустенита увеличивается, поскольку основная его часть не успевает преобразоваться и фиксируется.

Поэтому в некоторых марках стали не весь аустенит превращается в мартенсит. Определенное количество его стабилизируется, причем, чем больше аустенита стабилизируется, тем выше температура закалки и ниже температура мартенситного превращения. Выдержка закаленной стали при нормальной температуре ведет к стабилизации остаточного аустенита. При последующем охлаждении такой стали превращение начинается не сразу, а после циклического гистерезиса в несколько десятков градусов. Продолжительность перерыва между закалкой и криогенной обработкой влияет на степень стабилизации аустенита.

Криогенную обработку целесообразно применять для стальных нерегулируемых разверток, расточных блоков, протяжек и прошивок, гладких и резьбовых калибров, концевых мер длины, установочных мер, рабочих деталей штампов и пресс-форм.

УДК 669-157.84

Стали криогенной техники

Студент группы 104210 Коротков А.С.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Криогенные стали (от греческого *kryos* - холод, мороз) – металлические материалы для машин и оборудования предназначенные для получения, перевозки и хранения сжимае-

мых газов и эксплуатируемые до $t_{\text{кип}}$ газов, С: -183; O₂: -196; N₂: -247; Ne: -253; H₂: -296 Ne, а также сжижаемых углеводородов (метана, и др.), $t_{\text{кип}}$ которых равна – 80-180 °С.

Стали для криогенной техники должны обеспечивать необходимую прочность в сочетании с высокой вязкостью и пластичностью, обладать малой чувствительностью к концентрации напряжений и низкой склонностью к хрупкому разрушению. Учитывая технологию изготовления изделий, работающих при низких температурах, такие стали должны обладать хорошей свариваемостью. Важной характеристикой сталей является их высокая коррозионная стойкость.

Метастабильные аустенитные стали. Существует целый ряд деталей и узлов криогенной техники, к металлу которых не предъявляются требования по стабильности аустенитной структуры и магнитной проницаемости в процессе эксплуатации. К ним относятся емкости для хранения и транспортировки сжиженных газов, перспективные проекты топливных баков автомобилей, работающих на сжиженном природном газе, а также топливных баков авиакосмической техники. Основными характеристиками металла для их изготовления являются высокая удельная прочность и технологичность. Традиционно такие сосуды изготавливаются из аустенитной стали 12Х18Н10Т, однако удельная прочность стали невысока, что долгое время сдерживало широкое распространение сжиженного природного газа в качестве топлива.

Необходимой прочностью в сочетании с высоким комплексом пластических и вязких свойств при низких температурах могут обладать Cr – Ni – Mn метастабильные аустенитные стали, дополнительно легированные ванадием и азотом. Старение такого металла сопровождается упрочнением за счет выделения карбонитридных фаз V(C,N). В результате этого временное сопротивление и особенно предел текучести стали после старения возрастают.

Оптимальные механические характеристики Cr – Ni – Mn сталей с азотом и ванадием достигаются при соблюдении условия:

$$V/(C+N) = 3,1$$

Этим требованиям отвечает сталь 06Х15Н9Г8АФ для работающих под давлением сосудов криогенного назначения, содержащая не более, %: 0,06 С, 14 – 16 Cr, 8,5 – 9,5 Ni, 7 – 9 Mn, 0,2 – 0,4 N, 1,0 – 1,5 V.

Высокопрочные мартенситно-стареющие стали. Отличительной особенностью этой группы сталей является получение при закалке практически безуглеродистого легированного мартенсита и его последующее старение при температуре около 500 °С, сопровождающееся выделением интерметаллидных фаз. Это обеспечивает сочетание высоких прочностных свойств с достаточной пластичностью и вязкостью.

Опасность хрупких разрушений при низких температурах в отличие от других высокопрочных сталей уменьшается благодаря присутствию никеля и низкому содержанию углерода (не более 0,03%). Высокая концентрация легирующих элементов предотвращает образование немартенситных продуктов превращения аустенита независимо от скорости охлаждения при закалке. Для изготовления деталей криогенной техники в СНГ применяются мартенситно-стареющие стали 03Х9К14Н6МЗД (ЭП 921) и 03Х14К14Н4МЗ (ЭП 767) следующего состава, % :

	<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Ti</i>	<i>V</i>
ЭП 921	<0,03	8,5-9,5	6,0-7,0	13,0-14,0	3,0-4,0	1,0-1,5	-	-
ЭП 767	<0,03	13,5-15,0	3,8-4,8	13,0-14,5	2,3-3,0	-	0,15-0,20	0,10-0,15

Сталь 03X9K14H6M3Д имеет более однородную мартенситную структуру. Ее применяют для изготовления высоконагруженных деталей, в том числе таких деталей уплотнительных узлов арматуры, как седла клапанов, а также элементов турбодетандеров (валиков, подпятников, лопаток), где требуется сочетание, высокой твердости и эрозионной стойкости.

Сталь 03X14K14H4M3 является сталью переходного класса и содержит до 20 – 30 % остаточного аустенита, благодаря чему высокий уровень вязкости $KCV > 50$ Дж/см² сохраняется до температуры 77 К. Эта сталь широко используется в ракетно-космической технике для изготовления тонколистовых конструкций сложной конфигурации и деталей арматуры, работающих при температуре до 77 К (золотники, втулки, штоки, опоры, стаканы, клапаны, тарелки и др.).

Недостатками сталей 03X9K14H6M3Д и ЭП 03X14K14H4M3 являются повышенное содержание дорогого и дефицитного кобальта, а также ограничение нижнего предела применения температурой 77 К.

Современная авиакосмическая техника требует расширения диапазона применения высокопрочных сталей до температуры кипения жидкого водорода 20 К. С этой целью, разработана новая высокопрочная мартенситно-стареющая коррозионностойкая экономнолегированная кобальтом сталь 03X12H7K6M4Б. После термической обработки (закалка от 1000°С, обработка холодом при –70°С, старение при температуре 520°С в течение 5 ч) сталь 03X12H7K6M4Б имеет следующие механические свойства:

	290 К	20 К
$\sigma_{в}$, МПа	1300	1900
$\sigma_{0,2}$, МПа	1200	1700
δ_5 , %	15	11
KCV , Дж/см ²	40	30

Эта сталь рекомендована для изготовления емкостей высокого давления, для хранения и транспортировки жидкого водорода.

УДК 621.357.75

Легирование никелем коррозионностойких сталей

Магистрантка Гарнашевич Ю.А., студентка гр.104512 Пиляева А.А.
 Научные руководители – Стефанович А.В., Борисов С.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Никелю как легирующему элементу в коррозионностойких сталях принадлежит важная роль. Вода, водные растворы солей практически не оказывают коррозионного воздействия на никель. Кроме того введение никеля в стали повышает сопротивление коррозии действию серной и фосфорной кислот, щелочей.

Введение никеля в хромистые стали сказывается на структуре данных сталей, так как никель является аустенитообразующим элементом. Повышение содержания никеля в сталях с 18% хрома переводит данные стали из ферритного или мартенситного класса в аустенитный. На основе тройной системы железо-хром-никель было разработано большое количество аустенитных коррозионностойких сталей, которые нашли широкое применение в промышленности. Обычно данные стали содержат до 0,12% углерода, 17-19% хрома, 8-12% никеля и дополнительно легированы титаном или ниобием для устранения межкристаллитной коррозии. Данные стали обладают высокой коррозионной стойкостью в растворах солей,

щелочей, органических кислот. Однако в более агрессивных средах стали содержащие 17-19% хрома, 8-12% никеля не обладают высокой коррозионной стойкостью.

Для повышения стойкости стали в неокислительных средах в качестве легирующих элементов вводят такие элементы, которые сами по себе являются более устойчивыми в этих средах, чем железо и хром. К таким элементам следует отнести хром, никель, медь, молибден и кремний.

Отмечается, что коррозионная стойкость заметно увеличивается при введении в сталь 13,5% никеля и резко повышается при 27% -ном его содержании. Данные количества никеля соответствуют легированию сплавов 1/8 и 2/8 атомных процентов в сплаве, что соответствует правилу Таммана при легировании коррозионностойких сплавов.

На рисунке 1 представлены данные по скорости коррозии железоникелевых сплавов в растворах серной кислоты.

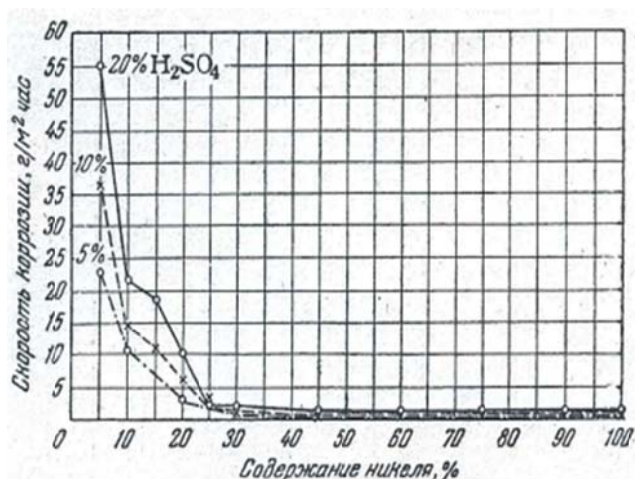


Рисунок 1 – Скорость коррозии железоникелевых сплавов в растворах серной кислоты 5,10 и 20%-ной концентрации при 60 °C

Существенное снижение скорости коррозии происходит в сплавах при содержании никеля более 15%, а при содержании никеля более 25 – 27% скорость коррозии практически равна нулю.

В таблице 1 представлен химический состав промышленных хромоникелевых сталей, обладающих высокой коррозионной стойкостью.

Таблица 1 – Химический состав стали высокой коррозионной стойкости (ГОСТ 7350 – 77)

Марка стали	Химический состав, % масс						
	C	Cr	Ni	Mo	Cu	Mn	Si
08X17H13M2T	<0,08	16-18	12-14	2-3	-	<0,2	<0,8
10X17H13M2T	<0,1	16-18	12-14	2-3	-	<0,2	<0,8
08X17H15M3T	<0,08	16-18	14-16	3-4	-	<0,2	<0,8
10X18H28M3	<0,1	17-19	27-29	2,5-3,5	3,5-4,5	<0,1	<0,1
06X23H28MДТ	<0,06	22-25	26-29	2,5-3	2,5-3	<0,8	<0,1

Легирование данных сталей осуществлялось в соответствии с правилом Таммана, согласно которому наблюдается скачкообразное повышение коррозионной стойкости при наличии коррозионноустойчивых атомов в сплаве равной $n/8$, где n – целое число (1, 2, 3).

Для хрома скачкообразное повышение коррозионной стойкости происходит при 11,8% масс ($n=1$), 23,7 % масс ($n=2$), 35,5% масс ($n=3$).

При легировании никелем скачкообразное повышение коррозионной стойкости происходит при введении в сплав 13,5% масс ($n=1$), 27% масс ($n=2$).

Так содержание коррозионностойких элементов в сталях 08X17H13M2T, 08X17H15M3T соответствуют содержанию атомов хрома и никеля в сплаве по $1/8$, 10X18H28M3Д3 соответствует содержанию атомов хрома в сплаве $1/8$, а атомов никеля – $2/8$; 06X23H28MДТ соответствует содержанию атомов хрома и никеля в сплаве по $2/8$. Стали содержащие 16 - 18% хрома и 13 - 15% никеля обладают высокой коррозионной стойкостью в фосфорной, муравьиной уксусной кислот и при синтезе мочевины. Повышение содержания хрома и никеля в стали делает хромоникелевые стали стойкими в серной кислоте при повышенных температурах. Так сталь 06X23H28MДТ является стойкой в кипящей серной кислоте. Благоприятное влияние на повышение коррозионной стойкости хромоникелевых сталей оказывает введение в данные стали меди в количестве 3,5 - 4,5% и молибдена в количестве 2 – 3,5%. Так хромоникелевые стали дополнительно легированные мелью и молибденом имеют повышенную стойкость в сернокислотных растворах (рисунок 2).

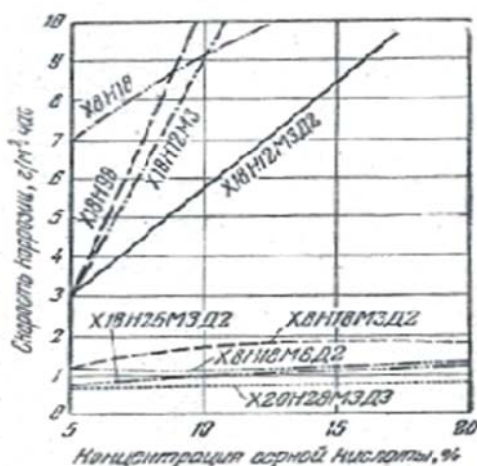


Рисунок 2 – Скорость коррозии сталей различных марок в растворе кипящей серной кислоты

УДК 669.13

Общие сведения о 3D-принтерах и виды 3D-печати

Студент гр.10401113 Кисин М.В.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Относительно недавно на прилавках магазинов техники появились 3D-принтеры, и сейчас уже никого не удивит печатью при помощи такой технологии. Если еще недавно принтер казался чем-то фантастическим, то теперь многие производители стараются выпустить такой принтер, чтобы побороться за место под солнцем со своими прямыми конкурентами. В настоящее время все большую популярность приобретает не массовое, а именно мелкосерийное производство. И наряду с этим повышается спрос на устройства, которые используются для создания прототипов.

Поэтому, были произведены 3D-принтеры, которые заменили станки и машины по части создания прототипов для производства тех или иных объектов. Создавая такие объекты, 3D-принтеры могут изготавливать предварительные образцы, которые в случае удачи станут производиться серийно и пойдут на продажу и производство. Не у каждого человека одинаково хорошо развито трехмерное воображение, поэтому, зачастую, он не может увидеть на экране компьютера имеющиеся ошибки. А когда на принтере будет напечатан образец, специалист увидит, что в нем хорошо, а что необходимо исправить. После этого начинается процесс корректировки.

Как работает 3D-принтер? При помощи послойной печати создается модель трехмерного объекта. Для этих целей в зависимости от модели принтера будут использоваться самые разнообразные материалы.

Представьте себе ситуацию, что вам срочно нужно приобрести стул или стол на кухню. Сейчас вы, скорее всего, направились бы в обычный магазин за этой покупкой. В лучшем случае посмотрели бы товары в сети интернет. Но уже недалек тот день, когда вы сможете получить уникальный стул или стол не просто, не выходя из дома, но даже без какого-либо посредничества со стороны продавцов или службы доставки магазина. Главное, чтобы у вас дома был 3D-принтер.

На сегодняшний день в 3D-печати господствуют две принципиально разных технологии – это лазерная и струйная печать. При этом они тоже делятся на виды. Так, лазерная печать подразделяется на три вида: собственно, лазерная печать, лазерное спекание и ламинирование. Во всех этих способах используется своя технология производства продукции. Так, в случае лазерной печати принтер использует жидкий фотополимер, который засвечивается специальной ультрафиолетовой лампой при помощи фотошаблона. Затем все это превращается в твердый материал. Это, конечно, упрощенное описание технологии, но подробное просто выходит за рамки формата данной статьи.

Лазерное спекание проходит несколько иначе – лазер слой за слоем выжигает контур будущей детали на специальном порошке. То есть получается, что производство идет слой за слоем. Наконец, в случае ламинирования процесс производства состоит из того, что готовый объект создается из большого количества разношерстных слоев, накладываемых друг на друга. Естественно, все это происходит не без помощи лазера.

В струйной печати присутствует два основных способа печати – это застывание материала при охлаждении и спекание порошкообразного материала. В первом случае происходит выдавливание термопластика по каплям на основу будущего продукта, а второй способ по своей сути очень напоминает лазерное спекание. Единственное отличие в том, что в данном случае порошок склеивается с помощью специально предназначенного для этой операции клея.

УДК 620.171

Применение углепластика в промышленности

Студенты: гр. 10405513 Астрашаб Е.В., гр. 10405512 Ковалько М.С.
Научный руководитель – Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Углепластик имеет невероятно широкую сферу применения. Углеродные материалы и изделия из них можно встретить в самых разнообразных отраслях промышленности.

Данный материал нашёл свое применение в атомной промышленности, строительстве, автомобилестроении, ракетостроении, авиации, судостроении и железнодорожной отрасли. Состоит углепластик из большого количества нитей углерода. Подобного рода нити очень прочные, поэтому разорвать их почти невозможно, а вот сломать достаточно просто.

С нитей сплетают прочные ткани. Для того чтобы они были ещё прочнее, их составляют в несколько рядов один за другим и в каждом ряде меняют угол сплетения. Между рядами заливают эпоксидную смолу, которая связывает между собой все ряды в одно целое.

Например, в атомной промышленности углепластик используют в энергетических реакторах. Это потому что у этого материала очень большая стойкость к высоким температурам, которые как раз есть в реакторах.

Также у углепластика такая же большая стойкость к высокому давлению. В машиностроении из углепластика делают разные детали, а в некоторых случаях покрывают целиком корпус машины. Углепластик ещё называют карбоном. Поэтому в большинстве спортивных автомобилей, корпус кузова состоит из карбоновой ткани. Это позволяет уменьшить вес автомобиля и придать ему больше аэромобильности.

В строительстве, углеродные ткани применяются в Системе внешнего армирования. Использование углеродной ткани и эпоксидного связующего при ремонте несущих конструкций (мостов, промышленных, складских, жилых зданий) позволяет проводить реконструкцию в сжатые сроки и со значительно меньшими трудозатратами по сравнению с традиционными способами. При этом, хотя срок ремонта снижается в разы, срок службы конструкции увеличивается также в несколько раз. Несущая способность конструкции не просто восстанавливается, но и увеличивается в несколько раз.

В авиации углеродные материалы используются для создания цельных композитных деталей. Сочетание легкости и прочности получаемых изделий позволяет заменить алюминиевые сплавы углепластиковыми. Композитные детали, при их весе в 5 раз меньшем, чем аналогичных алюминиевых, обладают большей прочностью, гибкостью, устойчивостью к давлению и некоррозийностью.

В атомной промышленности углепластики используются при создании энергетических реакторов, где основным требованием к используемым материалам является их стойкость к высоким температурам, высокому давлению и радиационная стойкость. Кроме этого, в атомной отрасли особое внимание отдается общей прочности внешних конструкций, поэтому Система внешнего армирования также имеет обширное применение.

В автомобилестроении карбон (или углепластик) используется для производства как отдельных деталей и узлов, так и для автомобильных корпусов целиком. Высокое отношение прочности к весу позволяет создавать безопасные, и в то же время экономичные автомобили: снижение веса автомобиля за счет углепластиков на 30 % позволяет снизить выброс CO_2 в атмосферу на 16%, благодаря снижению расхода топлива в несколько раз.

В гражданской аэрокосмической отрасли композиционные материалы занимают очень прочные позиции. Высокие нагрузки космических полетов ставят соответствующие требования и материалам, которые используются при производстве деталей и узлов. Углеродные волокна и материалы из них, а также из карбидов работают в условиях высоких температур и давления, при высоких вибрационных нагрузках, низких температурах космического пространства, в вакууме, в условиях радиационного воздействия, а также воздействия микрочастиц и т.п.

В судостроении высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, низкая теплопроводность, немагнитность и высокая ударостойкость делают углепластики лучшим материалом для проектирования и создания новых материалов и конструкций из них. Возможность сочетать в одном материале высокую прочность и химическую инертность, а также вибро-, звуко- и радиопоглощение обуславливает выбор именно этого материала для изготовления конструкций различных видов гражданских судов.

Одной из наиболее значимых областей применения углеродных материалов в мировой практике является ветроэнергетика. В нашей стране эта отрасль находится, по сути, в стадии зарождения, в то время как во всем мире ветряки появляются и в незаселенных районах, и в прибрежных зонах, и на морских платформах. Легкость и непревзойденные показатели

прочности на изгиб углепластиков позволяют создавать более длинные лопасти, которые, в свою очередь, обладают большей энергопроизводительностью.

В железнодорожной отрасли углепластики имеют широкое применение. Легкость и прочность материала позволяет облегчить конструкцию железнодорожных вагонов, снизив тем самым общий вес составов, что позволяет в дальнейшем как увеличивать их длину, так и улучшать скоростные характеристики. В то же время углепластики могут использоваться и при строительстве железнодорожного полотна и прокладке железнодорожных проводов: высокие показатели прочности на изгиб позволяют увеличивать длину проводов, сокращая необходимое количество опор и в то же время снижая риск их провисания.

УДК 666.792.2:623.093

Индукционная закалка внутренних поверхностей деталей машиностроения

Студент гр.104210 Лайко А.А.

Научный руководитель – Михлюк А.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Индукционный нагрев внутренних поверхностей значительно сложнее, чем нагрев любой внешней замкнутой поверхности. В машиностроении основными типами данной поверхности являются сферическая и цилиндрическая сквозная или глухая. Сложность высокочастотного нагрева связана в первую очередь с существенными различиями воздействия высокочастотного электромагнитного поля на наружную и внутреннюю поверхность.

В зависимости от диаметра внутренней поверхности на практике применяются следующие технологии индукционной термообработки и конструкции используемых индукторов изображенных на рисунке 1. Рассмотрим подробнее данную схему.

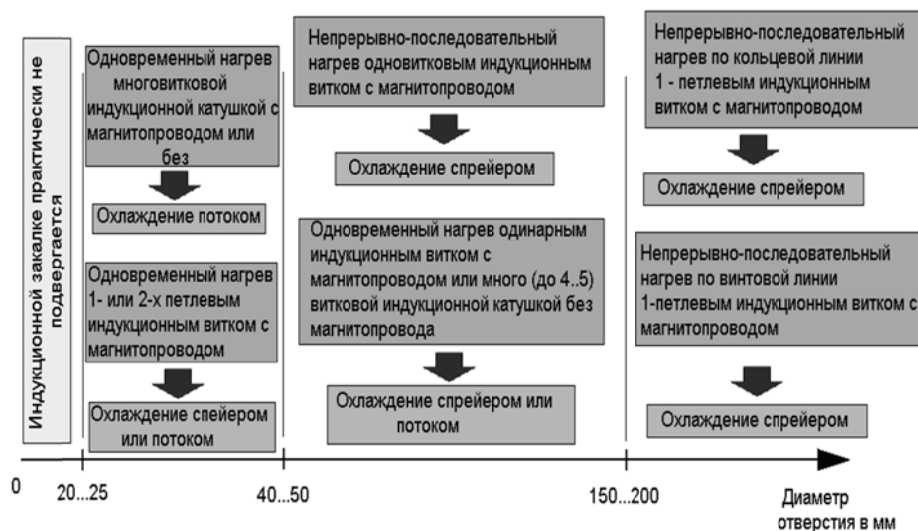


Рисунок 1 – Схема технологических приемов и конструкций индукционных витков при закалке внутренних отверстий

Интервал нагреваемых диаметров от 20-25 до 40-50 мм. Данный интервал является наиболее сложным как с технологической, так и с конструкторской точки зрения, что связано, прежде всего, с его размерами. На практике используется две типа конструкций индукционных витков: многовитковой (до 6 витков) индуктор без магнитопровода и петлевой индуктор с магнитопроводом.

Рассмотрим пример освоения закалки внутренней цилиндрической поверхности $\varnothing 25$ мм на длине 60 мм, которая была решена специалистами ГНУ «ФТИ НАН Беларуси». Были разработаны и опробованы два типа петлевого индукционного витка, конструкция которых схематично показаны на рисунке 2. Первый тип – одна петля, состоящая из двух параллельно расположенных трубок, причем одна из них является спрейером. Второй тип - две петли индукционного витка соединенные последовательно, а закалочное охлаждение осуществляется потоком в зазор между индуктором и деталью или через отверстия в магнитопроводе. Выбор конструкции индукторов был обусловлен выбором типов преобразователей ТВЧ, использованным для закалки данной детали. В первом случае использовали классический ламповый генератор типа ВЧГ мощностью 100 кВт и частотой 66 кГц, в котором частота в процессе нагрева меняется незначительно. Во втором случае использовали современный транзисторный преобразователь мощностью 40 кВт, с диапазоном изменения частоты от 40 до 70 кГц, причем частота подстраивается в зависимости от конструкции (индуктивности) индуктора. Поэтому для того чтобы обеспечивать закалку в верхней части рабочего диапазона частоты, использовали 2-х витковой петлевой индуктор, что позволило увеличить индуктивность и повысить рабочую частоту и соответственно усилить влияние кольцевого эффекта и эффекта близости.

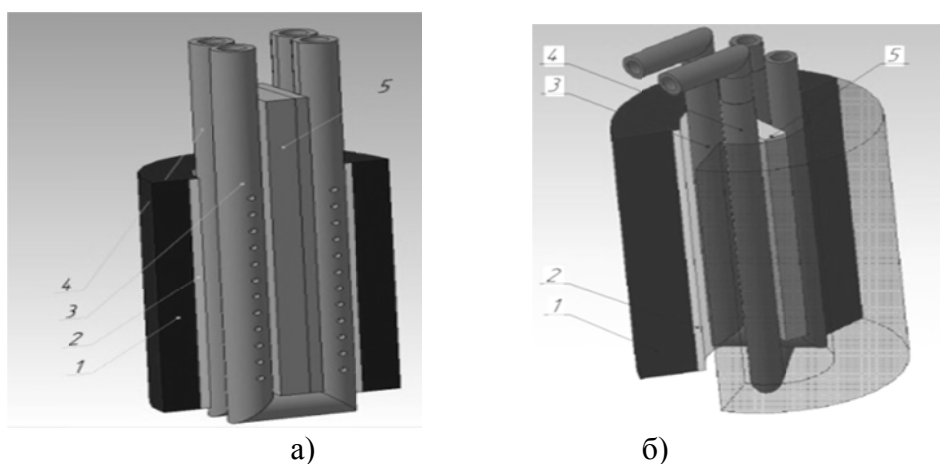


Рисунок 2 – Схемы индукционных витков примененных специалистами ФТИ при закалке цилиндрического отверстия $\varnothing 25$ мм на длине 60 мм:

а – 1-петлевой индукционный виток, б – 2-х петлевой индукционный виток
 1 – закаливаемая деталь, 2 – слой закалки ТВЧ, 3 – 4 индукционные витки, 5 – магнитопровод

Промышленную апробацию разработанных индукторов осуществляли на детали типа «кулак» из стали 40ХНМА, имеющую внутреннее отверстие $\varnothing 25$ мм и длиной 60 мм. Внутренняя поверхность детали подвергалась высокочастотной термообработке по различным режимам на установке мощностью 100кВт и частотой 66 кГц.

Детали после поверхностной закалки ТВЧ, разрезали в поперечном и продольном направлении, исследовали макро- и микроструктуру, измеряли распределение твердости в поверхностно-закаленных слоях.

В результате поверхностной закалки внутренней поверхности были получены следующие результаты. Зона закалки располагается по всей длине отверстия, твердость поверхности составляла 50 – 54 HRC, глубина закаленного слоя составляла от 3,5 мм по торцам отверстия до 1,5 мм в центральной части. Причем изменяя длину магнитопровода в интервале 0,8-1,2 от высоты внутренней поверхности, глубину закаленного слоя по торцам отверстия можно получить в интервале от 0,5 до 3,5-4 мм. А изменяя мощность и частоту нагрева можно варьировать глубиной закалки по длине отверстия. Микроструктура поверхностно-закаленный слой в центральной части на глубине до 1 мм представляет собой однородный

мартенсит с мелкодисперсными включениями цементита по границам зерен (рисунок 3, а). На торцах детали в микроструктуре образуется гомогенный мартенсита без включений цементита (рисунок 3, б).

На глубине 2 мм (рисунок 3, в) наблюдается переходная зона в структуре, которой наряду с мартенситом сохраняется структура троостита, сформированная предыдущей термообработкой детали (улучшением). Микроструктура основы детали представляет собой улучшенную трооститную структуру с участками, нерастворенных глобулей феррита и мелкодисперсных карбидов цементитного типа.

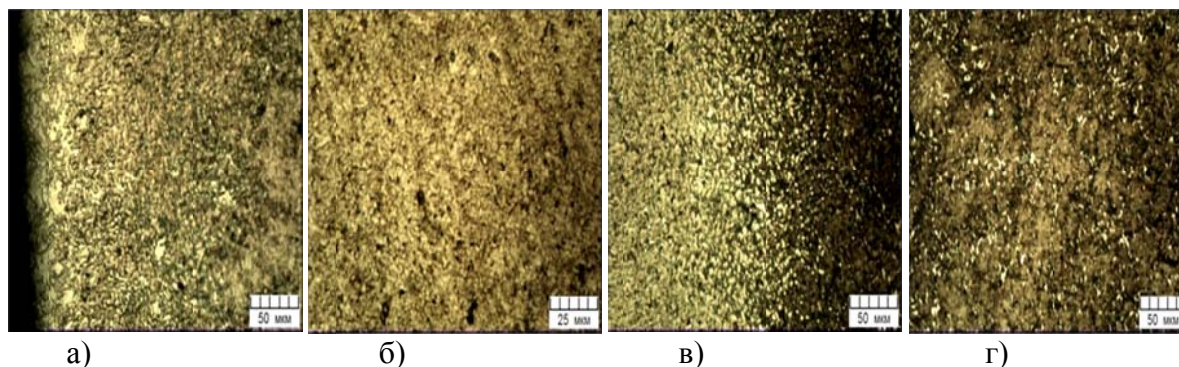


Рисунок 3 – Микроструктура закаленной зоны внутреннего отверстия \varnothing 25 мм.

УДК 620.172.2

Производство и основные свойства углепластика

Студент гр. 10405513 Астрашаб Е.В.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Углепластик – полимерные композиционные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных (например, эпоксидных) смол. Плотность – от 1450 кг/м³ до 2000 кг/м³.

Прессование. Углеткань выстилается в форму, предварительно смазанную антиадгезивом (например, мыло, воск, воск в бензине, Циатим-221, кремнеорганические смазки). Пропитывается смолой. Излишки смолы удаляются в вакууме (вакуум-формование) или под давлением. Смола полимеризуется, иногда при нагревании. После полимеризации смолы изделие готово.

Контактное формование. На примере изготовления бампера: берется металлический исходный бампер, смазывается разделительным слоем. Затем на него напыляется монтажная пена (гипс, алебастр). После отвердевания снимается. Это матрица. Затем её смазывают разделительным слоем и выкладывают ткань. Ткань может быть предварительно пропитанной, а может пропитываться кистью или поливом непосредственно в матрице. Затем ткань прокатывается валиками – для уплотнения и удаления пузырьков воздуха. Затем полимеризация (если отвердитель горячего отверждения, то в печи, если нет, то при комнатной температуре 20°C). Затем бампер снимается, если надо – шлифуется и красится.

Трубы и иные цилиндрические изделия производят намоткой. Форма волокна: нить, лента, ткань. Смола: эпоксидная или полиэфирная. Возможно изготовление форм из углепластика в домашних условиях, при наличии опыта и оборудования.

При производстве углепластиков необходимо очень строго выдерживать технологические параметры, при нарушении которых прочностные свойства изделий резко снижаются.

Необходимы сложные и дорогостоящие меры контроля качества изделий (в том числе, ультразвуковая дефектоскопия, рентгеновская, токовихревая, оптическая голография и даже акустический контроль).

Другим серьёзным недостатком углепластиков является их низкая стойкость по отношению к ударным нагрузкам. Повреждения конструкций при ударах посторонними предметами (даже при падении инструмента на неё) в виде внутренних трещин и расслоений могут быть невидимы глазу, но приводят к снижению прочности; разрушение повреждённой ударами конструкции может произойти уже при относительной деформации, равной 0,5 %.

На рисунках 1 и 2 приведена зависимость прочности при растяжении и модуле сдвига.

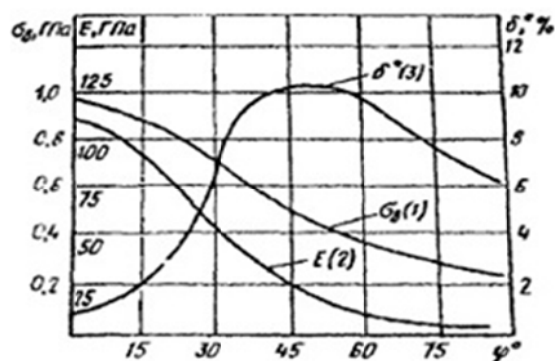


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности (1) и модуля упругости при растяжении (2), логарифмического декремента затухания (3) от структуры армирования углепластика КМУ-4э

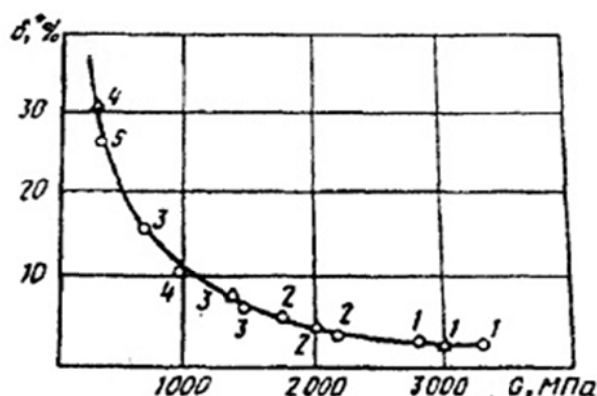


Рисунок 2 – Зависимость логарифмического декремента от модуля сдвига полимерной матрицы для углепластиков КМУ-3л, КМУ-1лм, КМУ-4э при температуре: 20 °С (7), 100 °С (2), 150 °С (5), 180 °С (4), 200 °С (5)

Этот сравнительно новый класс ПКМ получил в последние годы наиболее интенсивное развитие благодаря своим уникальным свойствам, а именно: высоким значениям прочности и жесткости, низкой плотности, химической инертности, тепло- и электропроводности, высокой усталостной прочности, низкой ползучести, низким значениям коэффициента линейного термического расширения, высокой радиационной стойкости.

Список использованных источников

1. Углепластики // Эксплуатационные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru> / – Дата доступа: 03.03.2015 г.

Способы повышения производительности печей непрерывного действия

Студентки: гр.104219 Роговая Ю.А., гр. 104510 Приходько Н.А.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Основными параметрами, определяющими качество термической обработки и производительность оборудования, являются: скорость нагрева, температура поверхности и центра изделия при выходе из печи, время выдержки после достижения требуемой температуры нагрева. Значение скорости нагрева зависит от того, к какому классу относится изделие - теплотехнически «тонкое» или «массивное». Для теплотехнически «массивных» тел скорость нагрева регламентируется и не должна превышать $\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{ц}} < (700 \dots 800)S$ (где S - характеристический размер изделия).

Возникшие напряжения в изделии из-за перепада температур на поверхности и в центре приводят к значительным короблениям и даже трещинам.

Поэтому форсированный нагрев для теплотехнически «массивных» тел практически не применяют. У теплотехнически «тонких» тел перепад температур по сечению незначительный, возникающие напряжения не вызывают коробления и трещин, что позволяет использовать форсированный нагрев. При применении форсированного нагрева повышенная температура задается только в начальных зонах печи, что обеспечивает сокращение времени нагрева изделия до заданных температур. Далее необходима выдержка при заданной температуре для протекания фазовых превращений. Обычно для углеродистых сталей время выдержки составляет 10...15% от времени нагрева, для легированных - 20..25%.

Печи непрерывного действия имеют несколько температурных зон, в которых можно задавать требуемую температуру. Печи с электрическим нагревом имеют либо две температурных зоны с распределением мощности: в зоне нагрева – 75%, в зоне выдержки – 25%; либо три зоны с распределением мощности 50, 30, 20% соответственно. Такое распределение мощности по зонам в электрических печах ограничивает максимальную температуру, которую можно использовать при форсированном нагреве.

В топливных термических печах с непосредственной циркуляцией продуктов сгорания в печном пространстве возможно получение нескольких зон нагрева, в которых температура печи будет превышать температуру нагрева на 150...200°C обеспечивая максимальную скорость нагрева (первый способ).

Вторым способом увеличения скорости нагрева в печах непрерывного действия с защитной атмосферой является изменение степени черноты поверхности стальной заготовки. Принципиально различают 3 способа изменения степени черноты поверхности стальной заготовки – термический, химический, физический. В основе термического и химического методов лежит процесс оксидирования

Термическое оксидирование обычно осуществляют при нагревании изделий в атмосфере, содержащей O_2 или водяной пар при температуре 300-350 °С в течение 50 – 60 мин.

При химическом оксидировании изделия обрабатывают растворами или расплавами окислителей (нитратов, хроматов и др.). Его применяют для чернения деталей с целью получения поверхности с низким коэффициентом отражения света и высоким коэффициентом теплового излучения. Химическое оксидирование чёрных металлов проводят в кислотных или щелочных составах при 30 – 100 °С. Обычно используют смеси соляной, азотной или ортофосфорной кислот с добавками соединений Mn , $Ca(NO_3)_2$ и др. Щелочное оксидирование проводят в растворе щелочи с добавками окислителей при 30 – 180 °С. Оксидные плёнки на поверхности чёрных металлов получают также в расплавах, состоящих из щелочи, $NaNO_3$ и $NaNO_2$, MnO_2 при 250 – 300 °С. После оксидирования изделия промывают, сушат и иногда

подвергают обработке в окислителях ($K_2Cr_2O_7$) или промасливают. Химическое оксидирование применяют для обработки некоторых цветных металлов. Наиболее широко распространено химическое оксидирование изделий из магния и его сплавов в растворах на основе $K_2Cr_2O_7$. Медные или меднёные изделия окисляют в составах, содержащих $NaOH$ и $K_2S_2O_8$. Иногда химическое оксидирование используют для оксидирования алюминия и сплавов на его основе (дуралюминов). В состав раствора входят H_3PO_4 , CrO_3 и фториды. Однако по качеству оксидные плёнки, полученные химическим оксидированием, уступают плёнкам, нанесённым методом анодирования.

Электрохимическое оксидирование, или анодное оксидирование (анодирование), деталей проводят в жидких (жидкостное анодирование), реже в твёрдых, электролитах. Поверхность окисляемого материала имеет положительный потенциал. Жидкостное анодирование в водных и неводных растворах электролита применяют для получения защитных, декоративных покрытий и диэлектрических слоёв на поверхности металлов, сплавов и полупроводниковых материалов при изготовлении приборов со структурами металл-диэлектрик-полупроводник и СВЧ интегральных схем, оксидных конденсаторов, коммутационных плат на основе алюминия и других металлов.

Наиболее широко анодное оксидирование используют для нанесения оксидных слоёв на конструкции из алюминиевых сплавов. При этом получают защитные износостойкие (толщиной 0,3-15 мкм), и электроизоляционные (2 – 300 мкм), цветные и эмаль-покрытия (эмалеподобные), а также тонкослойные (0,1 – 0,4 мкм) оксидные плёнки. Для образования толстых оксидных слоёв применяют в основном растворы H_2SO_4 и CrO_3 . Тонкие оксидные плёнки получают в растворах на основе H_3PO_4 и H_3BO_3 . Цветное анодирование проводят в растворах, содержащих органические кислоты (щавелевую, малеиновую, сульфосалициловую и др.). Эмаль - покрытия получают в электролитах, содержащих, как правило, CrO_3 . Анодирование магния и его сплавов осуществляют в растворах, содержащих $NaOH$, фториды, хроматы металлов. Анодное оксидирование стали проводят в растворах щелочи или CrO_3 .

Предложенные способы увеличения производительности печей непрерывного действия с защитной атмосферой могут применяться в условиях современного производства. Данные способы не несут больших экономических затрат, а уменьшение времени нагрева наоборот помогают добиться экономической выгоды.

УДК 621.357.75

Расчет размерных параметров наплавочной проволоки (толщины гальванического покрытия хрома, никеля и меди) для получения требуемого химического состава наплавленного покрытия

Магистрантка Гарнашевич Ю.А., студентка гр.104512 Юркевич К.С.
Научные руководители – Стефанович В.А., Борисов С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для получения высокой коррозионной стойкости наплавленных покрытий получаемых из проволоки диаметром 2 мм из стали 06X19H9T их необходимо легировать, чтобы в структуре любая фаза содержала хрома и никеля не менее в количестве кратном 1/8; 2/8 атомов в сплаве.

Наплавленное покрытие полученные из предварительно борированной проволоки из стали 06X18H9 имеют структуру состоящую из дендритов, между которыми находится эвтектика, состоящая из легированных боридов железа. Распределение хрома, никеля, меди между дендритами и боридов, а так же по сечению дендрита, показывает, что хром распределяется неравномерно. Большая часть хрома находится в боридов. Например, при дополни-

тельно легировании хромом наплавленных покрытий в количестве 6%, в боридах находится 32% хрома, а в дендритах в центре зерна 20% хрома, на краю зерна 19% хрома.

Поэтому для получения хрома в дендритах более 18% необходимо дополнительно легировать наплавленное покрытие хромом в количестве 5%; для получения хрома в дендритах более 23% наплавленное покрытие необходимо ввести 10-12% хрома. Дополнительное количество введения хрома в наплавленное покрытие в количестве 5 и 10% обеспечит толщина гальванического слоя на композиционном электроде 29 мкм и 60 мкм соответственно. Никель в структуре наплавленного покрытия распределяется более равномерно.

Так при содержании никеля в композиционном электроде ~9% в дендритах наплавленного покрытия содержится 9-10% никеля, в боридах 7,5-8,4% никеля. Поэтому для получения количества никеля в наплавленном покрытии 14% и 27 % необходимо дополнительно ввести 4% и 17% никеля соответственно. В таблице 1 показана зависимость ожидаемого введения никеля в наплавленное покрытие в зависимости от диаметра проволоки и толщины гальванического слоя никеля на ней.

Таблица 1 – Толщина гальванического слоя наплавленного покрытия в зависимости от диаметра проволоки и количества вводимого легирующего элемента

Вводимый элемент	Количество вводимого элемента, %	Диаметр проволоки, мм	Толщина гальванического покрытия, мкм
Cr	5	1,0	15
		1,5	22
		2,0	29
	10	1,0	30
		1,5	45
		2,0	60
Ni	4	1,0	10
		1,5	15
		2,0	20
	17	1,0	46
		1,5	68
		2,0	91

Для дополнительного введения 4% никеля в наплавленное покрытие необходимо на композиционный электрод диаметром 2 мм нанести слой гальванического никеля толщиной 20 мкм, а для дополнительного введения 17% никеля – 91 мкм.

Для легирования наплавленного покрытия медью в количестве 3,5 – 4% необходимо нанести на композиционный электрод диаметром 2 мм слой гальванической меди толщиной 30 мкм.

Таким образом, для повышения коррозионной стойкости наплавленного покрытия получаемого из проволочного электрода диаметром 2 мм на композиционный электрод из стали 06X19N9T необходимо нанести трехслойное гальваническое покрытие меди, никеля, хрома. Для легирования наплавленного покрытия медью 3,5 – 4% толщина гальванического слоя должна составлять 30 мкм. Для получения хрома в наплавленном покрытии 18% толщина гальванического покрытия хрома на электроде должна быть 29 мкм, а 23% хрома – 60 мкм. Для получения никеля в наплавленном покрытии 13 – 14% толщина гальванического покрытия никеля на проволочном электроде должна быть 20 мкм, а 17% – 91 мкм.

Студент гр. 104510 Озембловский М.А.

Научный руководитель – Щербаков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Создание новых наплавочных материалов и защитных покрытий с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами является одной из приоритетных задач современного материаловедения. Разработкам в данной области посвящено значительное количество работ. Известно, что в Республике Беларусь ежегодно образуется большое число отходов в виде стружки, крошки, проволоки и дисперсных порошков. Часть данных отходов успешно используются в виде вторичного сырья, но отходы дроби, используемой в металлургическом производстве для дробеструйной очистки в дробебетных аппаратах, отправляют на переплавку.

Данное решение не целесообразно, так как при переплавке происходит их существенный угар. В свою очередь данные отходы, с размерами менее 1 мм, являются готовой основой для использования их при производстве диффузионно-легированных сплавов, используемых в качестве наплавочных материалов. Наплавка данными сплавами позволяет значительно повысить долговечность деталей за счет высокой абразивной износостойкости упрочняющего слоя.

В настоящее время разработаны новые способы и составы для получения диффузионно-легированных (ДЛ) сплавов на железной основе. В качестве основы используются отходы металлических порошков и отходы обработки резанием. ДЛ металлических порошков состоит в насыщении поверхности каждой частицы легирующим элементом из окружающей насыщающей среды при температуре диффузионного взаимодействия. В этом случае на поверхности каждой гранулометрической самостоятельной частицы формируется слой легирующего элемента. ДЛ металлических порошков применяется для целенаправленного изменения химического состава микрообъекта для последующего получения из него защитного покрытия или порошковой детали.

ДЛ металлические порошки находят широкое применение в различных отраслях промышленности и позволяют получать покрытия с различными эксплуатационными свойствами, износостойкие покрытия для работы с ударными нагрузками, износостойкие покрытия для условий трения-скольжения, износостойкие антифрикционные покрытия, износостойкие покрытия для работы в агрессивных технологических средах, износостойкие покрытия для условий интенсивного абразивного изнашивания, антифрикционные плазменные покрытия для подшипников скольжения.

Разработанные технологии получения ДЛ сплавов позволяют повысить технологические и эксплуатационные свойства получаемых наплавочных материалов и защитных покрытий на их основе.

Данная работа посвящена анализу технологий получения ДЛ сплавов на машиностроительных предприятиях РБ из металлических отходов.

На ОАО «Минский завод шестерен» создан участок упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин индукционной наплавкой. В качестве наплавочного материала используются отходы чугуна дроби после дробеструйной обработки, подвергнутые диффузионному насыщению бором в подвижной порошковой среде. ДЛ металлического материала осуществляется непосредственно на участке упрочнения в электрической печи с вращающимися герметичными контейнерами. Насыщающей средой является карбид бора с небольшой добавкой активатора. Получаемые индукционной наплавкой защитные

износостойкие покрытия на рабочих органах почвообрабатывающих машин соответствуют необходимым требованиям технической документации.

На ОАО «Минский автомобильный завод» создан участок с необходимым оборудованием для производства стальной литой термообработанной дроби. Созданная технология и оборудование термообработки дроби при индукционном нагреве позволяют регулировать температуру обработки и обеспечивать твердость дроби в заданном интервале с учетом изменения химического состава. При этом отпадает необходимость выплавки стали специального состава. Термообработка дроби при индукционном нагреве позволяет в 3-5 раз по сравнению с литым состоянием повысить стойкость дроби при очистке литых заготовок. Процессы отпуска при индукционном нагреве наиболее интенсивно протекают и практически завершаются в первые 5 – 7 минут нагрева.

Стальная литая дробь, производимая на Минском автомобильном заводе с использованием разработанного дробелитейного комплекса, отличается выходом дроби (70%) правильной сферической формы с гладкой поверхностью. Дробь, производимая из широко применяемых марок стали 35 – 40Л, не требует специальной подготовки химического состава и внедрения дополнительного внепечного оборудования. Изготовление стальной литой дроби производится на действующем литейном оборудовании в условиях массового производства деталей машиностроения.

Таким образом, размещение на Минском автомобильном заводе дополнительного участка диффузионного легирования металлоотходов в подвижных порошковых средах позволит создать безотходную технологию получения наплавочных сплавов из отходов металлических дискретных материалов, образующихся в процессе производства деталей машиностроения.

УДК 669.041

Расчет производительности печи с различной степенью черноты изделия

Студентки гр.104219 Роговая Ю.А., гр.104510 Люцкевич А.И.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Расчет производительности печи с различной степенью черноты изделия осуществлялся при изменении степени черноты тела в пределах: $\epsilon=0,52\dots0,61$ для стали не окисленной, шлифованной; $\epsilon=0,77\dots0,79$ для стали окисленной при 600°C ; $\epsilon=0,94\dots0,97$ для стали окисленной шероховатой. Данные расчеты выполнялись для газовой печи при нагреве проволоки под патентирование с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 0,9$, что обеспечивает создание защитной атмосферы в печи. Распределение температур по рабочему пространству печи и проволоки показаны на рисунке 1. При этом на проволоке образуется слой окислов толщиной 1,5 – 3 мкм и практически отсутствует обезуглероживание поверхности. В таких условиях слой окислов почти черного цвета с наибольшим коэффициентом черноты образуется на проволоке в 3 – 4 зоне. Толщина окисной пленки и шероховатость её поверхности определяют степень черноты нагреваемого тела, которая оказывает влияние на коэффициент теплоотдачи и скорость нагрева проволоки.

Для увеличения степени черноты проволоки в зонах 1-2 предлагается сжигание газа с коэффициентом расхода воздуха $\alpha=1,05\dots1,10$ и созданием окислительной атмосферы.

Для оценки увеличения производительности печи использовали программу для расчета температурно-временных параметров при нагреве проволоки в агрегате патентирования. Переменными при расчете являлись степень черноты тела ϵ , которая изменялась от 0,7 до 0,95, и скорость движения проволоки.

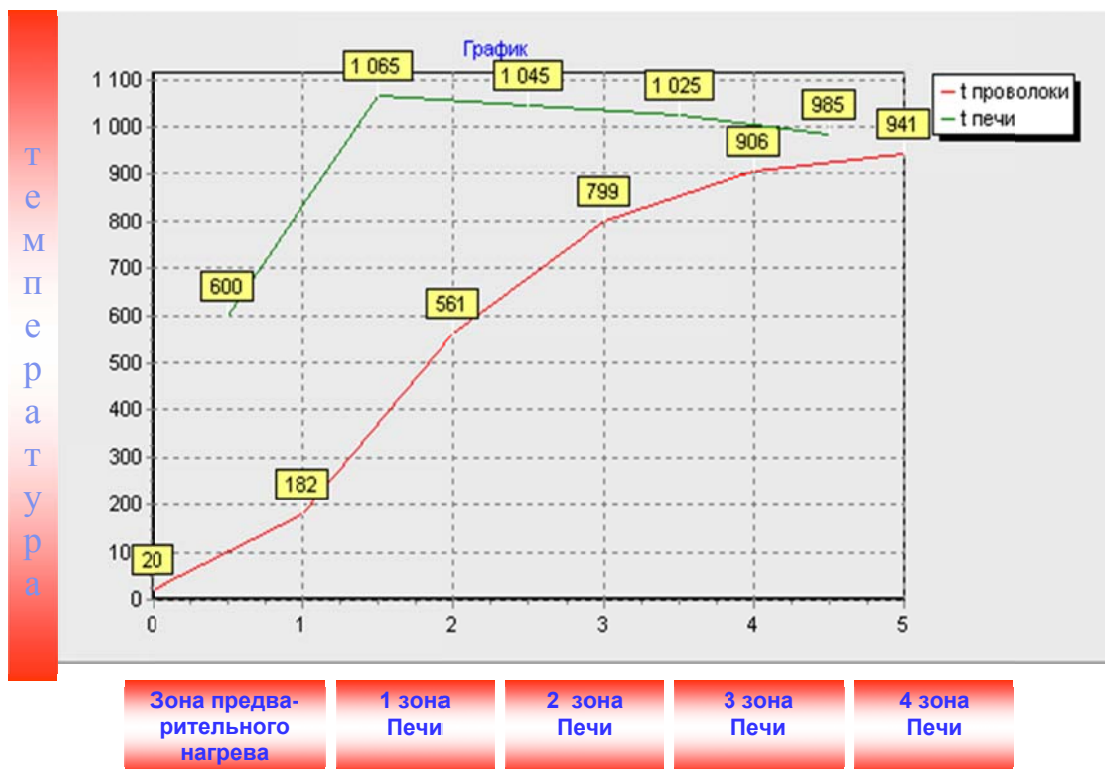


Рисунок 1 – Распределение температур проволоки и печи по зонам при DV96

Скорость движения проволоки для каждого значения ϵ 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

Температура печи по зонам, °C	Температура проволоки по зонам, °C				
	$\epsilon=0,7$	$\epsilon=0,78$	$\epsilon=0,85$	$\epsilon=0,9$	$\epsilon=0,95$
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, с.	33,7	31,1	28,8	27,4	26,2

Расчет производился для проволоки диаметром 1.78мм. На рисунке 2 представлена зависимость производительности печи от степени черноты.

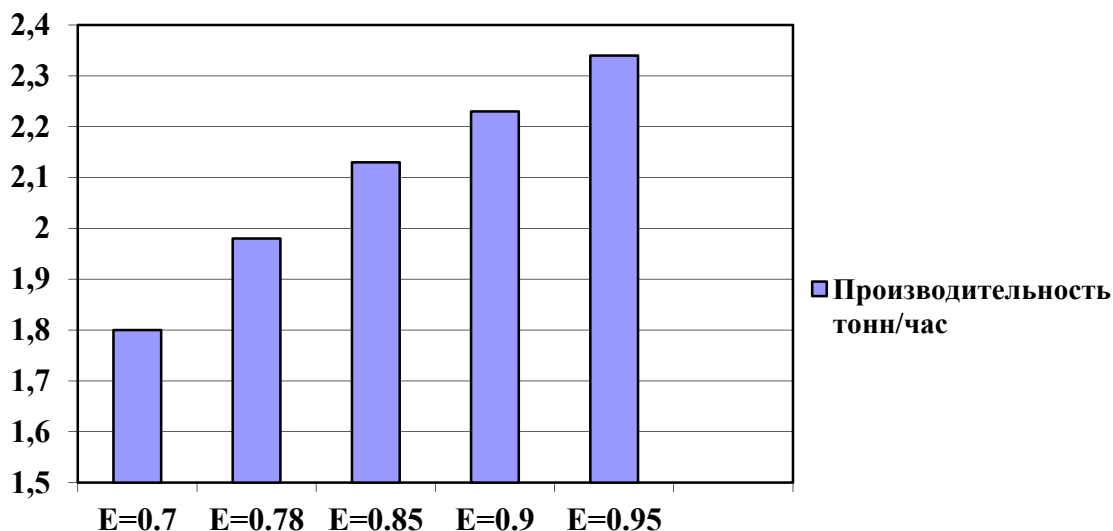


Рисунок 2 – Зависимость производительности печи от степени черноты тела

Представленные результаты показывают, что время нагрева проволоки при $\epsilon=0,7$ составляет 33,7 с., а при $\epsilon=0,95$ – 26,2 с., т.е. время нагрева сократилось в 1.22 раза. Расчет производительности показывает, что увеличение коэффициента черноты с 0,7 до 0,95 увеличивает производительность на 30%.

УДК 621.745.669.13

3D-принтеры в промышленности

Студентка гр. 10401112 Юркевич К.С.
 Научный руководитель – Вейник В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Трехмерные технологии всерьез и надолго вошли в нашу жизнь. Они нашли широкое применение в различных областях промышленности. Особенно это касается мелкосерийного изготовления изделий, для которого технологическая цепочка производства, требующая как времени, так и средств, попросту нерентабельна.

Промышленный 3D-принтер отличается от «офисного собрата» целым рядом улучшенных характеристик. Главные особенности промышленной машины – высочайшее качество, точность до нескольких микрон, большая площадь печати, полный контроль процесса, практически полная автоматизация. Для установки такого агрегата требуется достаточно большое помещение.

В качестве печатных материалов промышленный 3D-принтер может использовать практически любые строительные материалы: пластик, металлы, в том числе титан, гипс, керамические массы, цемент, стеклянный порошок и др. При том работа, направленная на выявление новых веществ, которые можно использовать в качестве строительного материала, ведется постоянно, в результате чего появляются все новые и новые композиты, пригодные для трехмерной печати.

Покупатели промышленных 3D-принтеров – компании, постоянно нуждающиеся в печати больших точных моделей, например, в экспериментальном или постоянно развивающемся производстве. Одна из таких фирм – General Electric, печатающая титановые части сложной конструкции, из которых собирают авиационные двигатели.

Детали.

Трехмерная модель, созданная в CAD-системе, не дает полного представления о том, насколько жестко происходит фиксация деталей в сборочной единице. Прототипы же, являясь аналогом окончательно изготовленных изделий, позволяют проанализировать особенности их конструкции и своевременно выявить возможные недостатки. Благодаря этому, 3D-принтеры используются на всех этапах разработки продукта: начиная с создания концептуальной модели и заканчивая реальным производством, что значительно ускоряет и упрощает процесс разработки для конструкторов. Примеров использования 3D-принтеров в промышленности более чем достаточно (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Применение 3D-принтеров в промышленности
а – кузов автомобиля; б – блок цилиндров

УДК 621.745.669.13

Контроль толщины ϵ -фазы карбонитрированного слоя

Студентки гр. 104510 Приходько Н.А., Люцкевич А.И.
Научный руководитель – Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Низкотемпературный процесс насыщения азотом и углеродом конструкционных низколегированных сталей широко используется в промышленности для повышения срока эксплуатации. Карбонитридный слой на данных сталях состоит из карбонитридной ϵ -фазы $Fe_3(C,N)$ и зоны внутреннего азотирования (рисунок 1 а). На низколегированных сталях 40Х, 40ХН, 30 ХГСА твердость ϵ -фазы находится в пределах 9000...10500 Мпа, а зоны внутреннего азотирования – 4800...5000 Мпа. Высокая твердость ϵ -фазы обеспечивает высокую износостойкость. Обычно при карбонитрации низколегированных конструкционных сталей толщина ϵ -фазы составляет 8...18 мкм. Контроль толщины карбонитрированного слоя чаще всего осуществляется металлографическим методом на шлифах, которые изготавливают из образцов-свидетелей. При карбонитрации деталей сложной формы в отверстиях процесс насыщения может осуществляться с невысокой скоростью, и, следовательно, будет формироваться ϵ -фаза меньшей толщины.

Контроль толщины ϵ -фазы на деталях можно осуществлять с помощью химического метода, что не требует разрушения детали. При использовании водных растворов солей аммония происходит растворение ϵ -фазы и раствор не изменяет своего цвета. После растворения ϵ -фазы реактив контактирует с зоной внутреннего азотирования и темнеет. На рисунке 1б представлена зависимость толщины ϵ -фазы от времени растворения ее в растворе солей

аммония, которая позволяет определить толщину ϵ -фазы карбонитрированного слоя, не разрушая деталь.

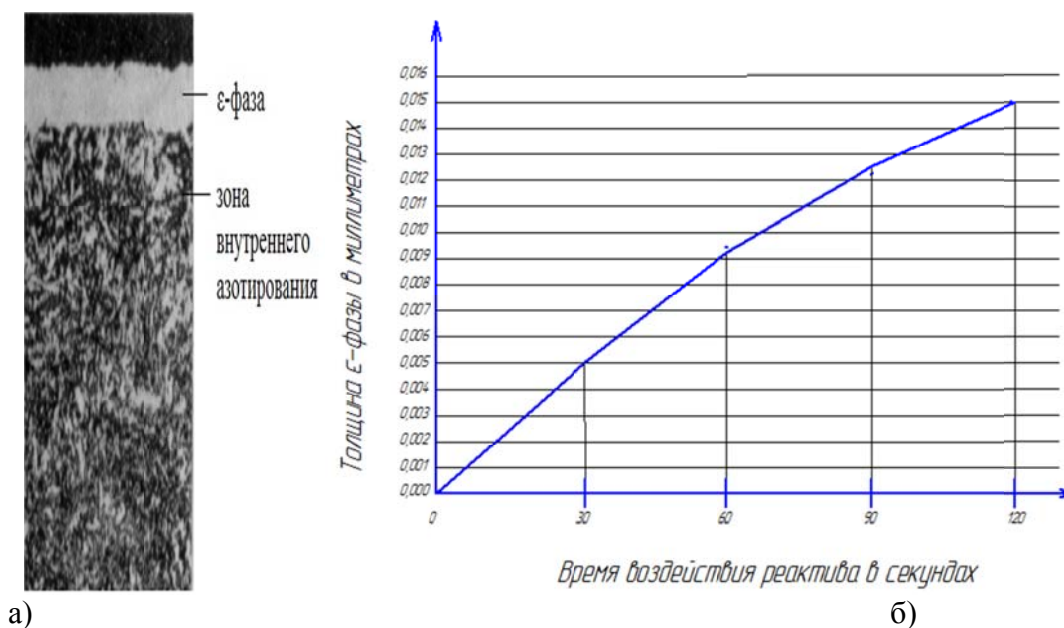


Рисунок 1 – Структура карбонитрированного слоя на стали 40X
а – время растворения ϵ -фазы; б – под действием реактива

УДК 669

Виды брака крепежных изделий

Студентка гр.104210 Чепаченко Ю.И.

Научный руководитель – Гегеня Д.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является рассмотреть возможные виды брака дефектов поверхности винтов самонарезающих и болтов, полученные в результате процесса изготовления.

Крепежные изделия применяются в машиностроении, строительстве, кораблестроении и многих других отраслях. Отличительной особенностью винта самонарезающего является то, что при их использовании не требуется наличие резьбы в отверстии [1]. Болты с наружной резьбой на одном конце, с головкой на другом, образуют соединения при помощи гайки или резьбового отверстия [2].

В результате процесса изготовления на данных крепежных изделиях могут присутствовать поверхностные дефекты в виде: трещин, раскатанных пузырей, рванин и повреждения резьбы.

Трещины представляют разрушения, возникающие на границах или внутри кристаллов, а также в месте расположения неметаллических включений в результате перенапряжения металла в процессе обработки. В случае, если изделия с трещинами подвергаются нагреву, то поверхность трещины обычно покрывается окалиной [3].

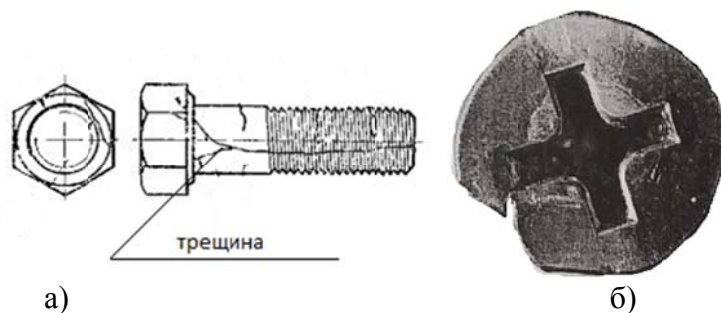


Рисунок 1 – Трещина напряжения:

а – в продольном направлении; б – внешний вид трещины на шляпке шурупа

Раскатанные пузыри являются дефектом исходного материала. Они имеют вид узких, в большинстве случаев прямых или слегка изогнутых дефектов, которые располагаются вдоль стержня или головки. Они могут возникать на торце головки, гранях шестигранника, опорной поверхности головки и на радиусе под головкой [3].

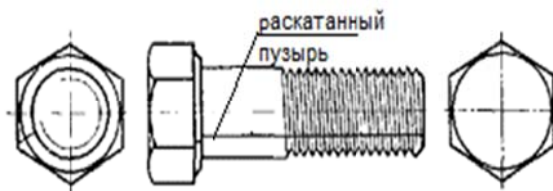


Рисунок 2 – Раскатанный пузырь-болт

Рванины являются открытыми разрывами в металле. Они могут возникать на поверхностях или кромках головки, на образующих круглых головок, а также на кромке углублений в шестигранных головках [3].

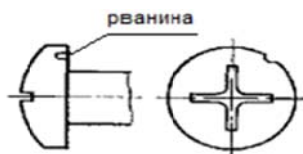


Рисунок 3 – Изображение рванины на винте

Повреждения резьбы – рванины или выкрашивания по профилю резьбы, образующиеся при операциях накатки или нарезки резьбы [3].

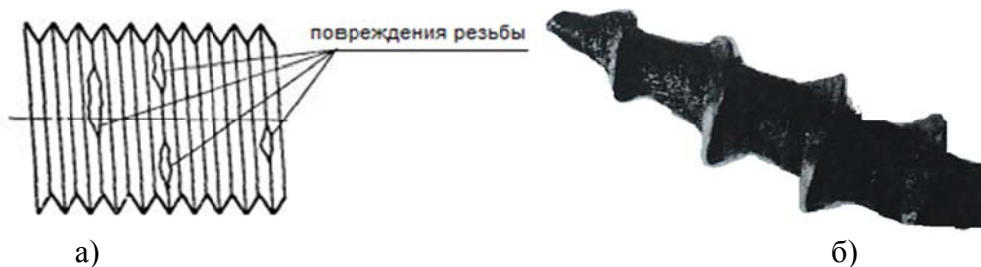


Рисунок 4 – Повреждение резьбы:

а – рванины или выкрашивания по профилю резьбы;
б – тупой хрупко-разрушенный конец шурупа

Таким образом для выявления дефектов крепежных изделий применяют визуальный, и металлографический контроль. Визуальный контроль проводится для выявления трещин напряжения, рванин, раскатанных пузырей и рябизны на опорной поверхности, а также повреждений вершин резьбы. Визуальный контроль следует проводить без применения увеличительных приборов. Металлографический контроль следует проводить методом глубокого травления поверхности или магнитными методами испытания. Для проведения контроля на проверяемых изделиях перпендикулярно оси готовят шлиф. Шлиф выполняется по гладкой части стержня, непосредственно примыкающей к резьбовой части. Для болтов и винтов с резьбой до головки шлиф выполняется на расстоянии $1d$ от опорной поверхности головки.

Список использованных источников

1. Материалы Метизы [Электронный ресурс] / Винт самонарезающий – Режим доступа: <http://www.gskmetizi.ru/krepezh-i-metizi/vinty/vint-samonarez> – Дата доступа 17.04.2015
2. ГОСТ 27017-86 Изделия крепежные. Термины и определения. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 48с.
3. ГОСТ 1759.2-82 Болты, винты и шпильки. Дефекты поверхности и методы контроля. [Текст].-Взамен ГОСТ 1759-62; Введ. с 01.01.83. – Москва: Изд-во стандартов, 1983.- 7с.

УДК 669.866

Виды отходов горячего цинкования

Студентка гр.104210 Чепаченко Ю.И.

Научный руководитель – Гегеня Д.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Проблема защиты металла от коррозии во всем мире является одной из важнейших технических задач. Цинк и сплавы на его основе – наиболее применяемый металл, обеспечивающий надежную долговечную защиту стали от атмосферной коррозии за счет электрохимической защиты, в которой цинк является анодным протектором [1].

Горячее цинкование – экономичный, надежный и высокопроизводительный способ защиты изделий из низкоуглеродистых сталей от коррозии, придания им декоративно-эстетических характеристик. Технология процесса достаточно проста и заключается в погружении предварительно обработанного металла в специальные ванны с расплавленным цинком при температуре 450°C. Обработка стальных поверхностей перед цинкованием предусматривает обезжиривание, очистку от вторичной окислы, травление, флюсование. Флюсование может производиться двумя способами: расплавленный флюс добавляется непосредственно в цинковую ванну или наносится на изделие и тщательно просушивается перед погружением в ванну.

В Республике Беларусь имеется два крупных производства горячего цинкования «РМЗ», Речица и «Конус», Лида. В процессе горячего цинкования образуются отходы с большим содержанием цинка (таблица 1).

Основные отходы горячего цинкования на ОАО «РМЗ»:

Гартцинк – продукт реакции расплавленного цинка с железом. Количество образующегося гартцинка зависит от соблюдения технологического процесса (промывка изделия после травления, поддержание температуры цинкового расплава, равномерный обогрев ванны, введение алюминия), от вида обрабатываемых изделий, способа флюсования. В гартцинке (Fe_xZn_y) содержится до 98% химически связанного цинка. Отходы гартцинка представляют собой кусковой материал в виде слитков (рисунок 1).



Рисунок 1 – Фотография гартцинка



Рисунок 2 – Фотография изгарь цинка

Количество изгари зависит от условий работы, в основном, от величины свободной поверхности цинкового расплава и от качества ее отчистки и составляет от 0,5 до 3,5% от массы пропускаемых изделий. Образующуюся на поверхности расплава пленку окислов перед каждой выгрузкой изделия из расплава убирают при помощи скребка в свободную зону поверхности цинкового расплава. По мере накопления изгарь вычерпывают перфорированной ложкой. При этом ложку слегка ударяют об край ванны для того, что бы захваченный изгарью цинк мог стечь обратно в ванну (рисунок 2).

Пыль цинковая в условиях ОАО «Речицкий метизный завод» получается при продувке труб (рисунок 3).



Рисунок 3 – Пыль цинковая

Цинковая пыль наиболее легко перерабатываемый вид отхода, т.к. более чем на 99 % состоит из цинка. Цинковая пыль применяется в химической промышленности (наполнитель, при производстве фторопласта и других полимеров, смазочных материалов), производстве пиротехнических изделий (применяют для получения голубого цвета пламени), порошковой металлургии, водородной энергетике, диффузионном цинковании, изготовлении низко и высокотемпературных резьбоуплотнительных смазок, применяемых в нефтяной и газовой отраслях [2].

При полной загрузке линии горячего цинкования образуется большое количество цинксодержащих отходов (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ отходов горячего цинкования

Наименование отхода	Количество, тонн/год	Состав отходов, %			
		Al	Fe	Pb	Zn
Гартцинк	150-170,0		1,5-2,5	0,5-1,5	96-98
Изгарь цинка	250-260,0	0,01-0,07	0,2-0,6		65-75
Пыль цинковая	120-140,0	0,001-0,004	0,1-0,2	0,3-0,4	99,5

Это остро ставит вопрос о внедрении мероприятий по рециклингу цинксодержащих отходов производства горячего цинкования. Одним из направлений переработки отходов горячего цинкования – это изготовление на их основе синтетических насыщающих смесей для термомодифицированного цинкования.

Список использованных источников

1. Константинов В.М., Гегеня Д.В., Богданчик М.И. Обзор рынка цинка и цинковых отходов // Литейные процессы., МГТУ, 2014 – 293с.
2. Материалы ИНССТАЛЬ [Электронный ресурс] / Вторичный цинк – Режим доступа: [http:// www.insstal74.ru/zink-poroshok /](http://www.insstal74.ru/zink-poroshok/) – Дата доступа 11.03.2015

УДК 669

Повышение качества винтов самонарезающих

Студенты: гр.104210 Чепаченко Ю.И, гр. 10405512 Ковалько М.С.
Научный руководитель – Константинов В.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является анализ возможных технологических причин брака винтов самонарезающих на основании данных ОАО «Речицкий метизный завод» (РМЗ) для повышение их качества.

Винт самонарезающий оснащен острой и прочной резьбой, благодаря которой легко вкручивается в различные поверхности, обладающие разной толщиной. Винт самонарезающий применяют совместно с уплотнительными шайбами в машиностроении и многих других отраслях. Изделия отличаются технологичностью в процессах соединения, ведь при их использовании не требуется наличие резьбы в отверстии.

Детали, изготовленные на основе низкоуглеродистых сталей, сплавов, создаваемых на основе алюминия и меди, детали из пластмасс наиболее часто применяются вместе с самонарезающими винтами. Следует отметить, что термин «самонарезающий» не совсем точно соответствует тому, как такой винт образует резьбу на самом деле. Винт, точнее его резьба, вдавливаются в материал, а не срезают его. Таким образом, принцип работы самонарезающего винта основывается на пластической деформации.

На заводе ОАО «РМЗ» винт самонарезающий изготавливается из стали SAE 1018. Сталь SAE1018 поступает на завод с головного предприятия холдинга БМК. На каждую партию есть сертификат качества с указанием состава и механических свойств стали.

Последовательность выполнения технологических операций изготовления винтов следующая – травление ($T=80\text{ }^{\circ}\text{C}$), для снятия окалины, обработка проходит в ваннах паром; волочение; отжиг; волочение; высадка; накатка; термическая обработка (химико-термическая обработка); отпуск; гальваническое покрытие (электрохимическое цинкование). Выполненный анализ заводских данных позволил установить, что в ряде случаев поступившая катанка после отжига имеет в своей структуре обезуглероженный слой (рисунок 1). Встречаются также участки сильного окисления границ зерен.

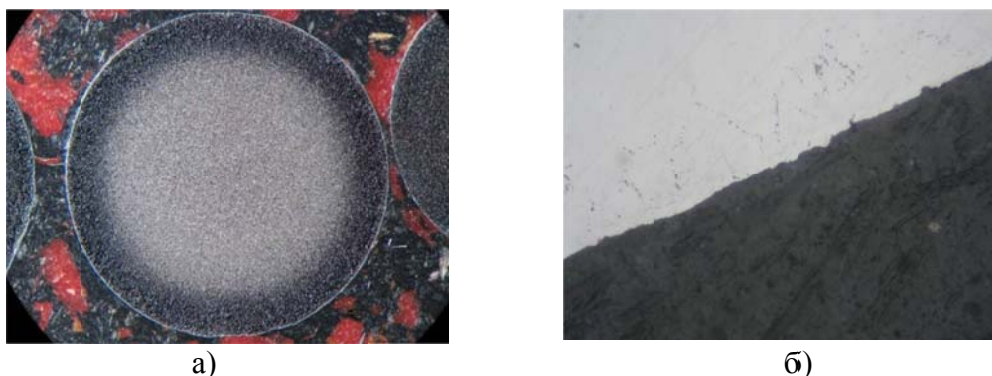


Рисунок 1 – Обезуглероживание глубиной 0,7 мм (а), и окисление по границам зерен (б)

Далее из этой катанки нарезают винты, делают высадку и накатку. После этого винты самонарезающие поступают на линию химико-термической обработки (цементацию) и низкий отпуск. Контролем готовой продукции является измерения проводимые на скручивание и измерение микротвердости сердцевины. Брак заключается в том, что винты имеют недостаточную микротвердость и недостаточное сопротивление на скручивание.

Для устранения этой проблемы в цикле входного контроля рекомендуется перед проведением отжига, катанку проверить на соответствие марки стали. Для устранения обезуглероженного слоя необходимо отжиг проводить в защитной печной атмосфере. Так же необходимо обеспечить равномерный прогрев по сечению бухты проволоки. Для устранения недостаточного сопротивления скручиванию целесообразно проводить двойную закалку. В этом случае, после цементации термическая обработка состоит из двойной закалки и отпуска. Первую закалку с температурой нагрева до 870 °С (выше точки A_{c3} сердцевины) назначают для исправления структуры сердцевины. При нагреве в поверхностном слое в аустените растворяется цементитная сетка, которая уже вновь при быстром охлаждении не образуется. Вторую закалку проводят с нагревом до 760 °С для устранения перегрева цементованного слоя и придания ему высокой твердости. Структура поверхностного слоя: мелкоигльчатый мартенсит. Заключительной обработкой цементованных деталей является низкий отпуск при 190°С, переводящий мартенсит закалки в поверхностном слое в мартенсит отпуска.

Структура сердцевины изделия из легированных сталей в этом случае состоит из низкоуглеродистого мартенсита или нижнего бейнита. Низкоуглеродистый мартенсит обеспечивает повышенную прочность и достаточную вязкость сердцевины.

Таким образом, правильно подобранная термическая (химико-термическая) обработка значительно повышает требуемый комплекс свойств, необходимый для винтов самонарезающих и уменьшает вероятность брака.

**Машины
и технология
литейного
производства**

Механизмы влияния вакуума на структуру жидкостекольных связующих материалов

Студенты: гр. 103311 Шикуров О.М., гр. 10404114 Пейганович А.Л.
Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из распространенных связующих материалов в литейном производстве является натриевое жидкое стекло. Это экологически чистый материал, имеющий относительно невысокую цену. Литейные формовочные и стержневые смеси на основе жидкого стекла обладают хорошими технологическими свойствами и легко поддаются автоматизации. Но кроме преимуществ, жидкостекольное связующее имеет ряд недостатков, таких как высокое процентное содержание в смеси (что ведет к затрудненной выбиваемости) и повышенную хрупкость.

Натриевое жидкое стекло – это коллоидный раствор силиката натрия. В нем глобулы силикагеля находятся в жидкости во взвешенном состоянии. Схематично структуру жидкого стекла можно представить как на рисунке 1.

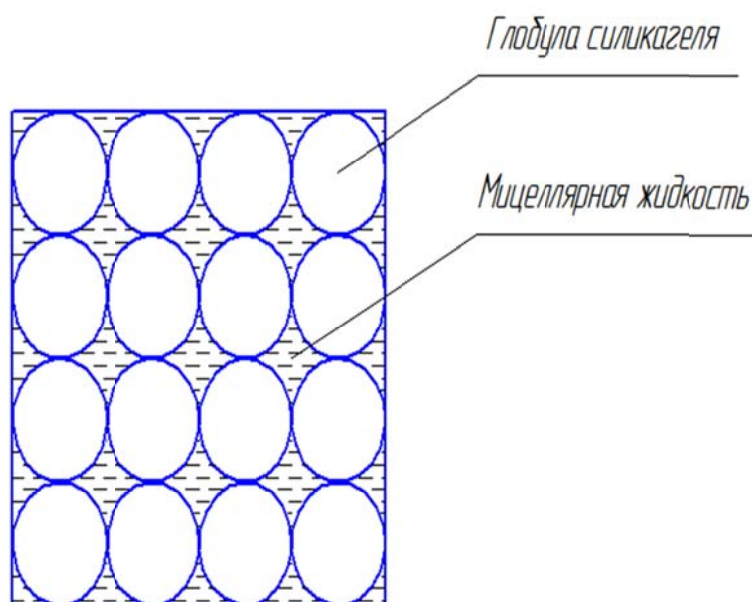


Рисунок 1 – Схема структуры натриевого жидкого стекла

Отдельные частицы силикагелей имеют точечные контакты. Открытые поры между этими контактами заполнены мицеллярной жидкостью. Внешние механические воздействия на подобную структуру могут разрушить связи, которые не восстанавливаются. Именно этим можно объяснить повышенную осыпаемость жидкостекольных смесей.

В межглобулярном пространстве располагается мицеллярная жидкость. Есть предположение, что если систему подвергнуть воздействию вакуумом, эта мицеллярная жидкость будет удаляться с межглобулярного пространства. И если подобрать нужный вакуум, то жидкость эта будет достаточно удалена и площадь манжет, по которым глобулы соприкасаются, увеличится, как показано на рисунок 2.

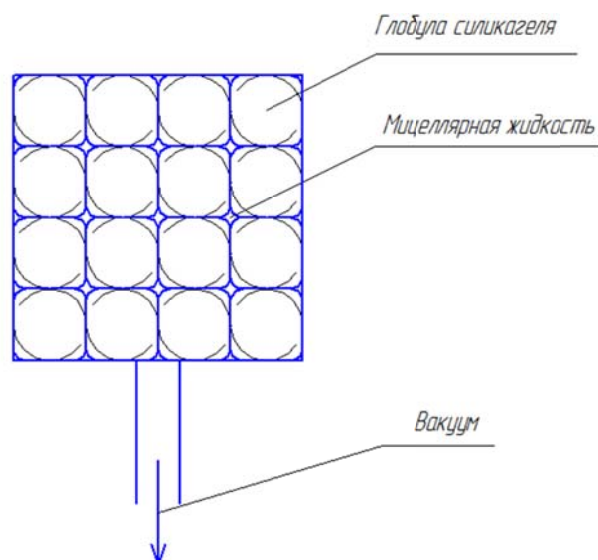


Рисунок 2 – Структура жидкого стекла после удаления мицеллярной жидкости

В результате должны увеличиться силы взаимодействия глобул силикагеля за счет замещения точечных контактов поверхностными.

УДК 621.745.669.13

Дефекты усадочного происхождения

Студенты: гр. 103311 Жабинская М.В., гр. 10404114 Ерш А.А.
 Научный руководитель – Кобяков К.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В современном мире к отливкам предъявляются всё большие требования по качеству. Однако при их выплавке, независимо от технологии изготовления литейной формы, наиболее часто встречающимися дефектами брака, которые существенно снижают качество отливок, являются дефекты усадочного происхождения.

Формирование отливки начинается с возникновения ее внешних контуров. Поверхностная твердая корка, образующая эти контуры, может представлять собой слой 3 (рисунок 1), если он сохранился после стадии II процесса охлаждения, или слой новых кристаллов, затвердевших у поверхности формы в начале стадии III. При открытой верхней поверхности отливки или слитка образование верхней твердой корки происходит в результате отвода теплоты в атмосферу.

До появления твердой корки на отливке усадка проявляется в виде понижения уровня жидкого сплава в литейной форме. После образования и возникновения контура отливки размеры этого контура должны уменьшаться вследствие понижения его температуры. Жидкость, заключенная в контурной оболочке, претерпевает значительно большую усадку, так как она сначала должна отдать теплоту перегрева, затем закристаллизоваться и лишь потом остыть до температуры окружающей среды.

После полного охлаждения отливки объем жидкости, заключенный в первоначальной твердой оболочке, уменьшится больше, чем объем, ограниченный внешними контурами всей отливки. Внутри, отливки окажутся усадочные полости, не заполненные металлом.

Различают два основных вида усадочных полостей: усадочные раковины, представляющие собой относительно большие по размеру пространства, расположенные в тепловых центрах отливки, и усадочные поры – мелкие иногда не видимые невооруженным глазом пустоты, находящиеся на границах соприкосновения двух или нескольких кристаллов.

Усадочными раковинами называют открытые или закрытые полости в теле отливки-имеющие шероховатую мелкокристаллическую поверхность со следами дендритов.

Механизм образования одной сосредоточенной усадочной раковины легко представить себе из рассмотрения рисунка 1, на котором дана схематичная картина условий затвердевания слитка, имеющего квадратное, круглое или другое геометрически правильное сечение.

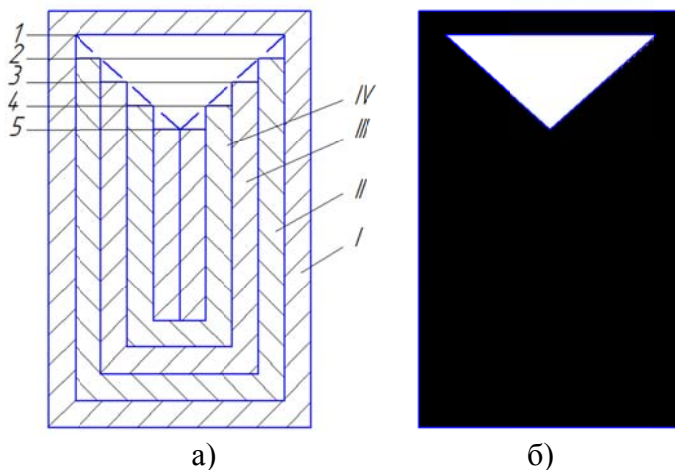


Рисунок 1 – Образование усадочной раковины в отливке
а – образование усадочной раковины; б – схематический вид усадочной раковины

В начале затвердевания образуется контурная корка 1 (рисунок 1, а). В связи с тем, что объем возникшей твердой фазы меньше объема жидкости, затраченной на образование корки, уровень жидкости внутри слитка понижается до горизонтали 1. В следующий период времени затвердевает слой II, причем усадка, происходящая при кристаллизации, компенсируется понижением зеркала жидкости до уровня 2. В дальнейшем при затвердевании слоев III и IV уровень жидкости понижается соответственно до горизонталей 3 и 4.

В результате постепенного снижения уровня жидкости и одновременного утолщения корки, ограничивающей объем этой жидкости, в верхней части отливки развивается усадочная раковина, которая, например, при литье цилиндрического слитка имеет форму близкую к конической. Схематический вид этой раковины показан на рисунок 1, б. Правильная форма раковины может искажаться при изменении скоростей отвода теплоты через донную, боковые и верхнюю поверхности отливки. Образующая конуса становится при этом линией сложной кривизны. Иногда в процессе развития нижняя часть раковины затвердевает. Впоследствии под ней образуется вторая раковина.

Усадочной пористостью называют скопления мелких пустот, образующихся в результате усадки при затвердевании небольших объемов металла, изолирующихся в процессе формирования отливки от источников питания жидким металлом. Формирование пор происходит на микроструктурном уровне и связано с фильтрацией жидкого металла между твердыми кристаллами в области затвердевания.

Усадочная пористость делится на следующие виды:

- рассеянная, распределенная более или менее равномерно по всему объему отливки;
- зональная, сосредоточенная в определенных зонах или частях отливки: а) в осевых частях плоских и призматических элементов отливок; б) в утолщениях и сопряжениях стенок; в) в зонах местных разогревов при подводе литников.

Развитие пористости в утолщениях и зонах местных разогревов зависит от размера изолированного бассейна жидкого металла. Если их размеры велики, усадочные пустоты приобретают характер раковин. Основными причинами образования вышеперечисленных

дефектов чаще всего являются ошибки при проектировании технологии, а также несоблюдение технологических режимов производства.

УДК 621.74

Методика исследования механизмов воздействия вакуума на структуру и свойства жидкостекольных стержневых смесей

Студенты: гр. 103311 Кисько В.М., гр. 10404114 Дегтярёнок И.Д.

Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Жидкостекольные связующие являются недефицитными и относительно недорогими материалами. Смеси на основе таких связующих являются экологически чистыми и обладают хорошими технологическими свойствами. Но так же существует и ряд недостатков, среди которых повышенная хрупкость и затрудненная выбиваемость. Воздействие вакуума на жидкостекольную смесь возможно повысит их эффективное использование в литейных цехах.

Для этого была разработана следующая методика исследования влияния вакуума на структуру и свойства жидкостекольных смесей.

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

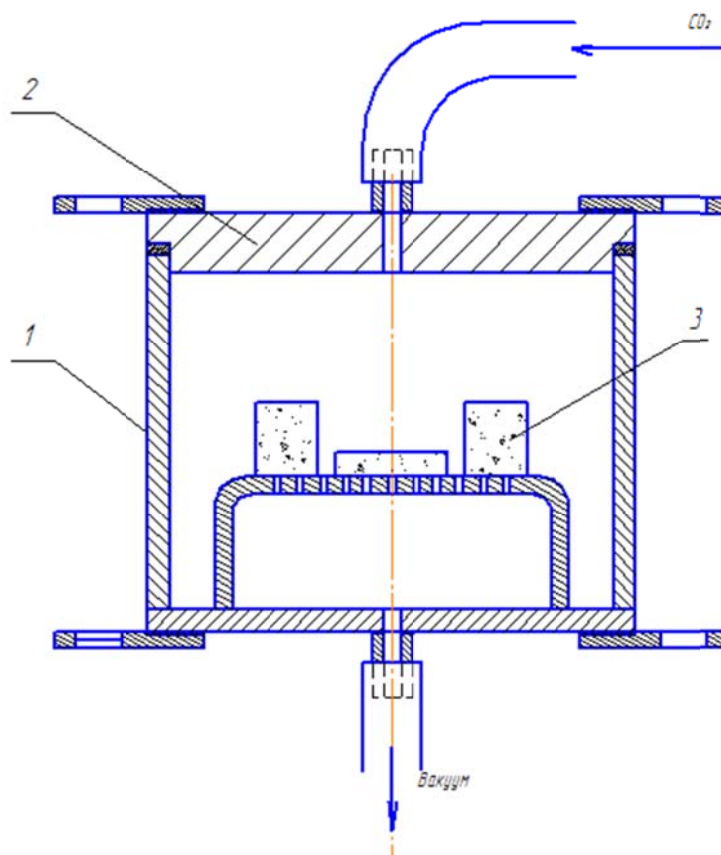


Рисунок 1 – Лабораторная установка для исследования механизмов влияния вакуума на жидкостекольные смеси

В корпус установки 1 помещаются образцы жидкостекольной смеси 3, после чего сверху герметично устанавливается крышка 2. К нижнему отверстию корпуса прикреплена ваку-

умная гофра, соединяющая корпус с вакуумным насосом. К отверстию в крышке подведен шланг соединяющий установку с баллоном углекислого газа.

Далее запускается вакуумный насос, создающий разрежение внутри установки. Когда вакуум достигает заданного значения, открывается клапан, и образцы продуваются CO_2 с изначально заданным давлением. После чего перекрывается клапан подающий углекислый газ и отключается вакуумный насос. Образцы извлекаются для дальнейших исследований.

Для наиболее полного изучения механизма воздействия вакуума на структуру и свойства смесей, необходимо проводить исследования в широком диапазоне переменных факторов, таких как глубина вакуума, время выдержки образцов под разрежением, количество углекислого газа и т.д. А так же исследовать как технологические свойства (прочность, газопроницаемость, осыпаемость, выбиваемость) так и физико-химические свойства.

Полученные результаты требуется сравнивать со свойствами семей отверждаемые углекислым газом, без воздействия вакуума.

УДК 621.74

Предположения о возможности модифицирования жидкостекольного связующего нанодисперсными материалами

Студенты: гр. 103311 Неверовский П.А., гр. 10404114 Павлюковец Н.И.
Научный руководитель – Гуминский Ю. Ю.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Жидкое стекло является не только экологически чистым, но и относительно недорогим связующим. Однако такие недостатки, как большая хрупкость, повышенная осыпаемость, затрудненная выбивка и дорогостоящая регенерация сдерживают их использование в литейных цехах.

По определению натриевое жидкое стекло – это коллоидный раствор силиката натрия. В нем глобулы силикагеля находятся в жидкости во взвешенном состоянии. Схематично структура жидкого стекла может быть представлена так, как на рисунке 1.

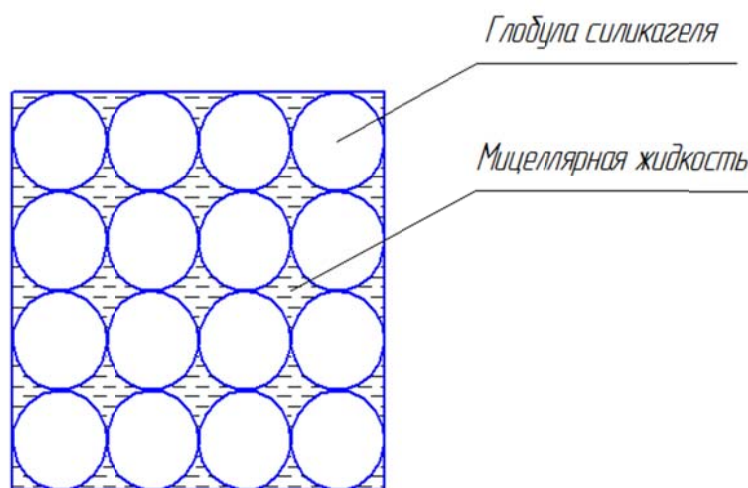


Рисунок 1 – Схема структуры натриевого жидкого стекла

Отдельные частицы силикагелей имеют точечные контакты. Открытые поры между этими контактами заполнены мицеллярной жидкостью. Внешние механические воздействия

на подобную структуру могут разрушить связи, которые не восстанавливаются. Именно этим можно объяснить повышенную осыпаемость жидкостекольных смесей.

В местах соприкосновения глобул при затвердевании образуются, так называемые мостиковые связи, которые и придают прочность. Схематично эти связи можно представить так, как на рисунке 2.

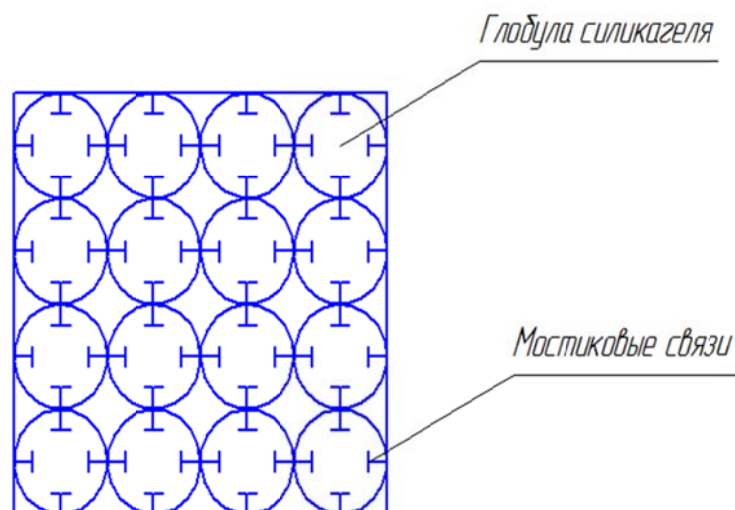


Рисунок 2 – Мостиковые связи между глобулами силикагеля

Наноматериалы обладают большой удельной поверхностью и высокой химической активностью. Есть предположения, что за счет этих свойств, возможно, заменить точечные контакты между глобулами жидкого стекла на поверхностные.

Нанопорошки – это материалы, измельченные до наноразмера (20-100 нм). Размер же глобул силикагеля на порядок больше. Поэтому можно предположить, что частицы нанопорошка расположатся в межглобулярном пространстве.

Наноструктурированный материал, способный химически реагировать с глобулами может образовывать свои дополнительные мостиковые связи. Структуру таких связей можно представить так, как на рисунке 3.

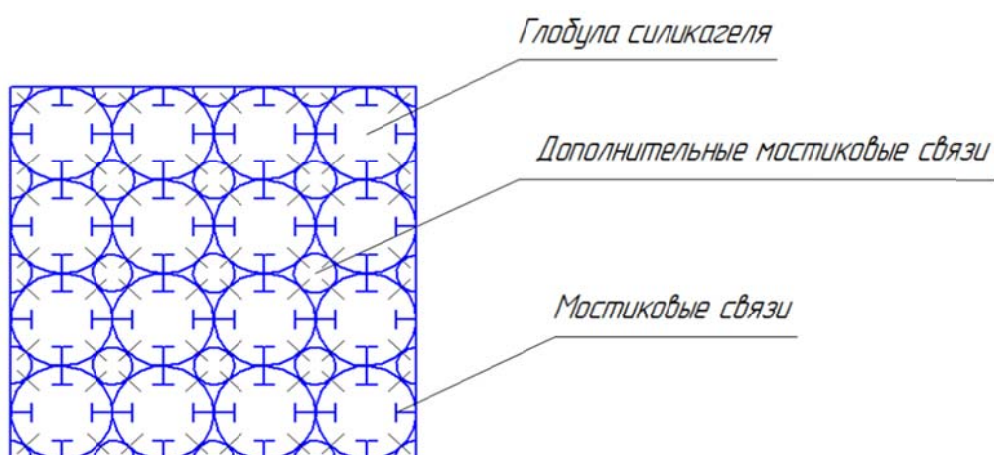


Рисунок 3 – Дополнительные мостиковые связи

Из схемы (рисунок 3) видно, что количество мостиковых связей может увеличиться в несколько раз, что в свою очередь должно увеличить когезионную прочность жидкого стекла.

УДК 621.745.669.13

Питающая прибыль как эффективный метод борьбы с усадочными дефектами в отливках

Студенты: гр. 104311 Кравчук А.Е., гр. 10404114 Климашевский В.И.
Научный руководитель – Кобяков К.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Борьба с усадочными дефектами в отливках представляет собой одну из сложных задач в обеспечении качества отливок.

Наиболее эффективным методом борьбы с усадочными дефектами является применение прибылей, а также сочетание прибылей с применением холодильников и др. [1]. Ликвидация пористости не всегда возможна по техническим соображениям. В тех случаях, когда пористость не влияет на технологические и прочностные свойства детали, ее не устраняют, а лишь уменьшают ее.

Полная ликвидация в отливке дефектной пористой зоны может быть достигнута при выведении ее в прибыль. Наиболее широко применяются прибыли следующих типов:

- открытые прибыли, которые имеют то преимущество, что позволяют осуществлять доливку в них более горячего металла, применение обогрева прибылей за счет электрической дуги, уменьшения теплопотерь зеркала металла за счет засыпки поверхности теплоизолирующей смесью (песок, сухая отработанная смесь). Такие прибыли более просты в изготовлении, но менее экономичны, чем закрытые;

- закрытые прибыли более трудоемки в изготовлении, но требуют меньше металла. Они бывают округлые, полукруглые, шаровые и могут выполняться в форме с применением обогрева за счет экзотермических, экзотермических в сочетании с отопительными и только отопительными вставками.

Закрытые прибыли бывают под атмосферным и сверхатмосферным давлением.

Прибыль под атмосферным давлением используется в индивидуальном и мелкосерийном производстве для крупных и средних отливок установкой в верхней ее части стержня из высокогазопроницаемой стержневой смеси, что обеспечивает сообщение с атмосферой после образования твердой корки по поверхности прибыли.

В результате жидкий металл, теряя температуру и уменьшаясь в объеме, обеспечивает питание отливки. В массовом производстве такие стержни устанавливать нецелесообразно. Поэтому используют конусные прибыли с земляными болванчиками, выполняющими те же функции, что и стержень.

Наиболее экономичные прибыли под сверхатмосферным давлением, в которых за счет установки контейнера с CaCO_3 внутри прибыли, создается повышенное давление, способствующее питанию жидкой фазой кристаллизующегося слоя отливки. Для эффективного действия прибыли необходимо создать определенные условия:

- достаточно точно рассчитать количество CaCO_3 ;
- начало разложения CaCO_3 с выделением CO_2 должно произойти после образования достаточно прочной корки.

Эти условия выполнимы при высокой технологической культуре производства.

При слишком высокой температуре заливки корка еще может не образоваться, а разложение CaCO_3 уже началось, а при слишком холодном металле разложение начинается слишком поздно.

В зависимости от использования и предпочтений заказчика в настоящее время находят применение три основных типа прибыльных масс [2].

- теплоизолирующие прибыльные массы. В этом случае внешняя часть прибыли изготавливается из теплоизолирующего материала, теплопроводность которого существенно ниже теплопроводности кварцевого песка сырой формовочной смеси формы. За счет использования теплоизолирующего материала энергия (тепло) держится внутри прибыли более продолжительное время, обеспечивая задержку кристаллизации расплава. Таким образом, прибыль может более длительное время питать жидким металлом отливку или узел.

- экзотермические прибыльные массы. Наиболее популярные в настоящее время прибыльные массы обладают экзотермическими свойствами различной интенсивности: от слабых до сильных. При вступлении расплава в контакт с материалом прибыли начинается экзотермическая реакция, благодаря которой к металлу прибыли подводится дополнительная энергия и обеспечивается задержка процесса кристаллизации расплава. Геометрия прибыли и ее экзотермические свойства с хорошими значениями модуля кристаллизации (отношение объема к поверхности прибыли) обеспечивают повышенную степень ее всасывания.

- экзотермические и теплоизолирующие прибыльные массы. В данном случае экзотермическая прибыльная масса смешивается с теплоизолирующим наполнителем. Таким образом, прибыльная масса может поставлять металлу прибыли дополнительную энергию за счет экзотермической реакции, одновременно обеспечивая высокие теплоизолирующие свойства после ее завершения.

В совместном проекте компании GTP Schafer и Т. Багински из компании Georg Fischer (Лейпциг) была разработана так называемая ЕСО-прибыль [2].

ЕСО-прибыль (рисунок 1) имеет модульное исполнение и состоит из двух прибыльных масс. Внутренний слой получен на основе высокоэкзотермического прибыльного материала, который задерживает или направляет процесс кристаллизации расплава в прибыль с помощью экзотермической энергии. Внутренняя контактная поверхность прибыльной вставки передаёт энергию жидкому металлу.



Рисунок 1 – ЕСО-прибыль

Для уменьшения передачи формовочной смеси, выделяемой в результате экзотермической реакции энергии, экзотермический прибыльный материал покрывается оболочкой из теплоизолирующей прибыльной массы. Подобная изоляция позволяет свести к минимуму потери экзотермической энергии в формовочной смеси.

Таким образом применение как обычных питающих прибылей, так и прибылей из специальных прибыльных масс позволяет получать качественные отливки без усадочных дефектов.

Список использованных источников

1. Теория формирования отливки: учеб. пособие / М.М. Михайлова, С.Д. Колотиенко, В.А. Топуз. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2009. – с. 61.

2. Специализированный технический журнал, издаваемый в переводе с английского: «Casting. Plant and Technology. Литейное производство и технология литейного дела», German Foundrymen's Association, 2014. – с. 13.

УДК 621.745.669.13

Усадочные процессы в расплавах

Студенты: гр. 103311 Прохоров Н.С., гр. 10404114 Мойсак М.А.
Научный руководитель – Кобяков К.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Под усадкой понимают совокупность явлений, приводящих к сокращению объема и линейных размеров сплава, залитого в форму, при его затвердевании и охлаждении. Усадка является одним из важнейших литейных свойств сплавов.

Гуляев Б. Б. в своих работах писал, что под усадочными процессами понимают совокупность явлений сокращения размеров и объема металла, залитого в форму, при его затвердевании и охлаждении. В отдельных случаях при кристаллизации литейных сплавов происходит выделение новых фаз с увеличенным удельным объемом, что уменьшает усадку на отдельных этапах формирования отливки. Усадочные процессы вызывают появление в отливках различных дефектов, к которым относятся: усадочные пустоты, (усадочные раковины, усадочная пористость) усадочные деформации (линейная усадка, коробление), трещины, остаточные напряжения.

Усадка тел при охлаждении происходит в результате развития ангармонической составляющей колебания атомов около их средних положений (рисунок 1). При абсолютном нуле среднее расстояние между атомами минимально и равно r_0 , при повышении температуры до T_1 , оно увеличивается до r_T в результате большего отклонения от среднего значения правой ветви кривой колебаний, чем левой.

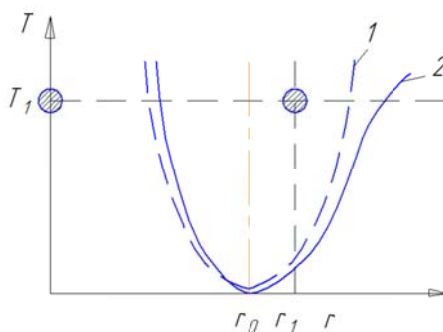


Рисунок 1 – Зависимость расстояний между соседними атомами r от температуры T при гармонических (1) и ангармонических (2) колебаниях

При аллотропических превращениях в твердом состоянии, выражающихся в изменении типа и параметров решетки, происходят скачкообразные изменения размеров тела. Они могут проявляться как в сжатии, так и в расширении.

Для оценки усадки все авторы используют понятия: относительная усадка и коэффициент усадки в интервале температур. В зависимости от агрегатного состояния сплава различают усадку в жидком, твердо-жидком и твердом состояниях. Полная усадка является суммой этих трех слагаемых. Основу усадки составляет термическое сжатие, которое увеличивается или уменьшается в результате фазовых превращений и изменения растворимости

газов. У ряда сплавов вблизи от температуры ликвидуса наблюдается увеличение объема, называемое предусадочным расширением.

Для характеристики усадки на различных этапах формирования отливки используют следующие способы ее оценки. Объемная усадка – относительное изменение объема сплава – используется для характеристики изменения в жидком или твердожидком состоянии, а также для полного изменения объема. Линейная усадка оценивает относительное изменение размеров отливки с момента перехода ее в твердое или твердожидкое состояние с разрозненными включениями жидкой фазы и твердой наружной коркой. Литейная усадка – относительная (в процентах) разность линейных размеров модели и отливки. Она оценивает полное изменение размеров отливки и поэтому наиболее удобна для использования в технологических расчетах и операциях. Литейная усадка зависит не только от свойств и состояния сплава, но также от конструкции отливки и формы, от технологических условий литья и других факторов. В связи с торможением усадочного процесса формой (для фасонных отливок) необходимо различать свободную и затрудненную усадку, которые численно не совпадают.

Линейная усадка большинства сплавов колеблется в пределах 0,7 – 2,2 % (углеродистой стали 1,2 – 2,2 %, серого чугуна 0,7 – 1,3 %, силумина 1 – 1,2 %, магниевых сплавов 1 – 1,6%, бронзы 1 – 1,5 %).

А.А. Бочвар в своих исследованиях установил, что в сплавах, кристаллизующихся в интервале температур, линейная усадка проявляется после образования в отливке твердого кристаллического скелета когда, несмотря на наличие остаточного количества жидкости, в целом отливка ведет себя как твердое тело. В зависимости от формы первичных кристаллов, степени развития и разветвленности дендритов количество твердой фазы, при котором формируется твердый скелет, колеблется в очень широких пределах – от 20 до 80 % от общего объема сплава.

Таким образом, знание значения коэффициента усадки расплава позволяет грамотно рассчитать параметры литниковой системы, геометрию питающих прибылей, тем самым избежать дефектов усадочного происхождения

УДК 621.743.074:544.332-971.2

Исследование влияния технологических элементов литниковой системы с теплофизическими свойствами прибылей на формирование качества отливок

Магистрант Кобяков К. В.
Научный руководитель – Фасевич Ю.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Совершенствование применяемых на сегодняшний день методов литья и разработка новых, позволяющих получать годные отливки с одновременным снижением себестоимости готовой продукции и повышением производительности, являются основными задачами литейного производства. Основная доля металлоотходов, повышающая себестоимость литья, связана с несовершенством существующих методов питания.

Себестоимость отливок, возрастает, в том числе, из-за недостаточно эффективной переработки отходов, которые подвергаются основному на сегодняшний день виду переработки – переплаву, в результате чего увеличиваются безвозвратные потери металла.

Скрытность течения процесса кристаллизации расплава в литейной форме существенно затрудняет возможность ликвидации возникающих при этом усадочных дефектов отливок. Как известно образование усадочных рыхлот, раковин и пористости связано с совокупностью явлений, приводящих к сокращению объема и линейных размеров сплава, залитого в форму, при его затвердевании и охлаждении.

Также механизм образования усадочных явлений в отливке зависит от положения сплава на диаграмме состояния и интенсивности теплообмена в системе «литниковая система–отливка–прибыль». А теплофизические условия кристаллизации отливки, в свою очередь, обусловлены геометрией и технологией изготовления литейной формы (например, песчаная форма), которые также в определенной степени определяют величину и место образования усадочного дефекта.

Для устранения усадочных дефектов планируемым технологическим приёмом становится применение технологических элементов с необходимыми теплофизическими свойствами.

В настоящем работе апробировался метод расчета пространственного распределения, основанный на уравнениях неразрывности, которые используются в условиях движущейся жидкости в затрудненном объеме. Алгоритм метода моделирования общего газовыделения для отливок сложной конфигурации показал, что давление газов изменяется по всему объему системы «литниковая система–отливка–прибыль». В основе метода лежит идея о том, что процесс кристаллизации имеет две составляющие, связанные с гидродинамикой течения расплава и увеличением его плотности при фазовом переходе «прибыль–отливка».

В результате проведенных работ исследованы возможности применения элементов литниковой системы с теплофизическими свойствами прибылей в литейных цехах, определены отливки-представители, разработаны оптимальные габариты требуемых прибылей характеризуются наилучшим использованием полезного объема прибыли.

Для получения плотных стальных отливок должен быть обеспечен режим направленного затвердевания, под которым понимается такой процесс, когда наиболее удаленные от прибыли участки отливки полностью затвердевают в первую очередь, за ними затвердевают участки, расположенные под прибылью, а затем сама прибыль.

Питание в должной степени может быть обеспечено, если есть благоприятная разность давлений, температур и химических потенциалов. Осуществляется оно в результате направленной циркуляции жидкой фазы в системе «литниковая система–отливка–прибыль». Создавая необходимые разности давлений и температур, а также применяя различные методы физического воздействия, можно в той или иной степени управлять процессами питания отливок.

УДК 621.74

Белые износостойкие чугуны, используемые при работе в условиях абразивного и ударно-абразивного износа

Студенты: гр. 103311 Шут Е.А., гр. 10404113 Наркевич К.А.

Научный руководитель – Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Среди материалов хорошо работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа представляют интерес специальные белые легированные чугуны. Белые износостойкие чугуны - сложнелегированные многокомпонентные сплавы с большим разнообразием структур и широким диапазоном свойств.

Это группа хромистых, марганцово-хромистых, никель- хромистых, хромомолибденовых и ванадиевых чугунов. Отсутствие в настоящее время сравнительных данных по износостойкости различных видов сплавов не позволяет однозначно решить вопрос о пригодности того или иного из них для конкретных условий эксплуатации.

Для получения высокой износостойкости необходимо применять легирование при оптимальном соотношении карбидо- и графитобразующих элементов химического состава в сочетании с определенными скоростями охлаждения, режимами плавки и модифицирования.

В приложении к процессам изнашивания возникает дилемма: создать в объеме заготовок перед их эксплуатацией структуры, отвечающие диссипативному состоянию, либо организовать структуры с определенным периодом адаптации и организации диссипативных состояний, в течение, которого формируются износостойкие качества рабочего слоя.

Предварительно созданная структура в не карбидной части Fe-Cr-C сплавов практически полностью соответствует диссипативному состоянию структуры слоев трения, что в свою очередь определяет наиболее высокий уровень износостойкости хромистых чугунов.

Сплавы со смешанной матрицей (аустенит и мартенсит) имеют значительно более низкую износостойкость, чем сплавы с гомогенной аустенитной или мартенситной матрицей.

Анализ литературы показывает, что большинство исследователей считают, что наилучшие результаты в этих сплавах обеспечиваются при микроструктуре, состоящей из твердых карбидов, внедренных в мартенситную или нестабильную аустенитную матрицу.

В зависимости от скорости охлаждения и достигнутого переохлаждения меняется природа фаз, число и форма кристаллов, а также свойства отливок.

Количество карбидов в белых чугунах определяется содержанием углерода и карбидообразующих элементов и составляет от 12 до 50%. Наиболее распространенные марки чугунов имеют 25-30% карбидов.

Особенности микроструктуры белых чугунов в значительной степени зависят от того, карбиды какого типа выделяются из кристаллизующегося расплава первыми. Тип образующихся карбидов определяется соотношением содержания хрома и углерода в чугуне. Изменение содержания хрома до 9,5% не оказывает заметного влияния на формирование первичной структуры белого чугуна. В зависимости от степени эвтектичности чугуна и скорости охлаждения отливки формируются пластинчатое или сотовое строение ледебуритной колонии. Хром, растворяясь в карбидах и в матрице белого чугуна, образует специальные высокохромистые карбиды. В орторомбическом карбиде железа $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$ хром может замещать часть атомов железа и его количество в карбидах цементитного типа может достигать 18 %. Микротвердость орторомбических карбидов железа $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$, колеблется в пределах 800 - 1100 HV.

В белых износостойких чугунах образуются карбиды хрома двух типов: тригональный $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ и кубический $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$, содержание в них железа может составлять 50 и 35% соответственно.

В интервале концентраций 9,5 - 12% Cr цементитно-аустенитная эвтектика в первичной структуре чугуна заменяется эвтектикой $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3 + \text{A}$, что вызывает изменения в строении эвтектических колоний и оказывает влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства белого чугуна. Микротвердость гексагональных карбидов $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ составляет 1500 - 1800 HV.

На размер первичных и эвтектических карбидов влияет главным образом скорость охлаждения отливки в интервале кристаллизации, а также содержанием в ней углерода и хрома. Эффективное изменение среднего размера карбидов достигается при скорости охлаждения свыше 10°C/мин. Для сопоставления, скорость охлаждения отливок с толщиной стенок 10—50 мм в песчано-глинистых формах колеблется в пределах 3-10 °C/мин.

Снижение скорости охлаждения (увеличение толщины стенки) отливки приводит к укрупнению карбидов, увеличению размеров дендритов первичного аустенита в доэвтектических чугунах и расстояния между карбидами в эвтектике. Эвтектические карбиды занимают пространство между дендритами первичного аустенита и располагаются по границам зерен.

Размеры вторичных карбидов, выделяющихся из пересыщенного аустенита или мартенсита, существенно меньше одного мкм. Они выделяются из аустенитной матрицы при медленном охлаждении или при нагреве до высокой температуры, например, около 950 °C с выдержкой в течение нескольких часов. В результате процесса выделения вторичных карбидов содержание хрома и углерода в матрице уменьшается, аустенит дестабилизируется.

Максимальную износостойкость имеют чугуны, содержание углерода в которых соответствует эвтектическому, а соотношение хрома и углерода обеспечивает образование карбидов типа $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$.

Размеры участков основы между карбидами должны быть достаточно малы, чтобы свести к минимуму избирательное изнашивание основы абразивом, оголение карбидов, их вымывание или обламывание. Хотя мартенситная матрица может быть получена с помощью соответствующей термической обработки (например, закалки в масло после повторной аустенизации), существует общая практика добиваться такой структуры матрицы в литом состоянии.

Износостойкость белых чугунов в агрессивных средах в значительной степени зависит от содержания хрома в металлической основе. В связи с этим для работы в условиях абразивно - коррозионного изнашивания используют чугуны с 30%Сг, в которых в твердом растворе содержится >20%Сг, при 1,5-2,0%С.

Однако, эти чугуны обладают существенным недостатком - низкой стойкостью в абразивной среде. Это обусловлено сравнительно невысоким (<20%) содержанием карбидов, а также наличием в структуре остаточного аустенита и феррита. В литом состоянии твердость чугунов с 30%Сг не превышает 52HRC. Повысить твердость этих чугунов можно закалкой. Причем чугуны, содержащие более 2%С, закаляются из аустенитной области, а изменение их твердости после закалки связано с содержанием остаточного аустенита. Вследствие этого, варьируя содержание углерода, марганца и температуру закалки, можно значительно повысить микротвердость металлической основы, а, следовательно, и износостойкость чугунов.

Высокая коррозионная стойкость наблюдается в чугуне с 30% Сг при содержании углерода меньше 2,3%. Оптимальная температура его закалки 950 – 1050 °С. При этом чугун имеет твердость 60 HRC и высокую износостойкость. В высокохромистом чугуне, содержащем около 30 % Сг, по мере повышения содержания углерода расширяется γ - область и уменьшается количество феррита в структуре основы; поэтому улучшается закаляемость и повышается твердость закаленного чугуна.

УДК 621.74

Абразивный и ударно-абразивный износ металлов

Студенты: гр. 103311 Титовец А.С., гр. 10404114 Павлючук В.С.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Успешное решение одной из основных задач машиностроения - повышения надежности и долговечности машин - тесно связано с проблемой износостойкости материалов. Определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик (износостойкость) деталей машин имеет состояние поверхностного слоя. Поверхностные слои материала в условиях динамических нагрузок переходят в новое физическое состояние, кардинально изменяя механизм контактного взаимодействия. Закономерности структурных изменений в поверхностных микрообъемах твердых тел и их контактного взаимодействия неразрывно связаны. Дополнительное упрочнение поверхностных слоев возможно за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменения химического состава в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур, хорошо связанных с основным металлом и равномерно расположенных на поверхностях трения.

Наиболее значительные практические решения в вопросах трения и изнашивания получены на основе разработок о совместимости трущихся пар, т.е. способности трущихся материалов в процессе работы приспособляться друг к другу. Для всех материалов, применяемых на практике, существует диапазон нагрузок и скоростей перемещения, в котором коэффициент трения в несколько раз меньше, чем вне этого диапазона.

Совместимость определяется реакцией контактирующих поверхностей на изменение условий работы узла. С вопросом совместимости тесно связано явление структурной приспособляемости материалов, которое включает в себя: структурное и термическое активирова-

ние поверхностных слоев контактирующих материалов, пассивацию - образование защитных вторичных структур и разрушение вторичных структур, вследствие внешних воздействий. Перестройка исходной структуры происходит в энергетически более выгодную, для данных условий нагружения, в направлении максимального упрочнения и ориентации относительно перемещения при трении. Возникающая новая фаза экранирует исходный материал от механического и физико-химического разрушения. Внешние механические воздействия неизбежно приводят к разрушению экранирующей фазы, но эти же воздействия и сопряженные процессы переноса вещества из среды обеспечивают ее восстановление.

Экспериментальные исследования явления избирательного переноса и изучение его особенностей обеспечили новые возможности существенного повышения износостойкости металлов. Эффект избирательного переноса характеризуется определенными закономерностями структурных превращений в поверхностных слоях взаимодействующих материалов.

Анализ литературных данных позволяет считать, что современные представления о механизме внешнего трения твердых тел базируются на двух основных процессах эволюции дислокационной структуры и кинетике массопереноса, которые определяют степень упрочнения, разупрочнения и поверхностного разрушения.

Среди многообразных видов износа наиболее часто на практике встречается абразивный и ударно-абразивный износ. Существуют две формы проявления абразивных процессов, отличающиеся характером взаимодействия частиц с поверхностью металла: пластическое деформирование поверхностных объемов, их окисление и последующее разрушение образующихся пленок - разновидность окислительного изнашивания, и с преобладанием механического разрушения металла (внедрение абразивных частиц и разрушение поверхностных объемов металла со снятием микростружки или без отделения металла).

Качественным признаком абразивного изнашивания является направленная шероховатость поверхности трения, совпадающая с направлением движения абразива.

Основу механизма ударно-абразивного изнашивания составляет прямое внедрение в металл частиц абразива без последующего перемещения вдоль поверхности контакта. В зависимости от структуры и физико-механических свойств металлов, разрушение наступает в результате развития деформационных процессов или хрупкого выкрашивания. Поверхность металла при ударно-абразивном изнашивании имеет вид множества лунок различных по расположению, форме и величине и не имеющих следов направленной шероховатости.

В механизмах абразивного и ударно-абразивного изнашивания много общего. В процессе изнашивания поверхностные слои металла претерпевают изменения, образующиеся вторичные структуры обладают аномалией физических, химических и механических свойств. Эти сложные изменения происходят с определенной скоростью и состоят из процессов упрочнения, разупрочнения, фазовых превращений, разрушения межатомных связей и других явлений, и зависят от структурного состояния металла, химических, физико-механических свойств и условий внешнего нагружения.

УДК 621.74

Предварительная обработка литых заготовок, работающих в условиях ударно-абразивного износа

Студенты: гр. 103311 Цуба А.Е., гр. 10404113 Лысуха А.А.

Научный руководитель – Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Многочисленные исследования и опыт эксплуатации показали, что определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик деталей машин, работающих в условиях абразивного и ударно - абразивного износа, имеет состояние поверхностного слоя. При-

дание рабочей поверхности деталей специальных свойств, в процессе предварительной обработки, представляет значительный интерес и является одним из перспективных направлений увеличения срока службы деталей.

Для достижения этой цели, необходимо формирование первичных состояний и структур со свойствами мало или почти не изменяющимися в процессе работы, либо путем дополнительного упрочнения поверхностных слоев за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменения химического состава в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур образующихся в процессе эксплуатации.

Изменяя в нужном направлении структурно-энергетическое состояние поверхностных слоев литых заготовок, можно улучшать и стабилизировать параметры, оказывающие наибольшее влияние на механизм разрушения при эксплуатации. К числу основных направлений обработки относятся: использование различных видов энергии (энергии удара, низкочастотных и высокочастотных ультразвуковых колебаний и т.д.), а также комбинирование нескольких схем обработки с использованием различных видов энергии с более высокими и сверхвысокими параметрами, вызывающими качественно новые изменения состояния обрабатываемого материала.

Для обеспечения заданных показателей качества деталей необходимо осуществлять целенаправленное управление ходом технологического процесса обработки, а именно, факторами, оказывающими доминирующее влияние на процесс формирования поверхностного слоя деталей.

Модель оптимального состояния поверхностного слоя, обеспечивающего длительную работоспособность деталей, должна удовлетворять следующим условиям:

- структурное состояние поверхностного слоя должно обеспечивать образование равномерно легированного, текстурированного тонкого слоя металла высокодисперсного строения;

- поверхностный слой должен быть достаточно активизирован для протекания явлений структурной приспособляемости, стабильность, которой при эксплуатации обуславливается динамическим равновесием процессов образования и разрушения вторичных структур (1-3).

Ударно-импульсная обработка характеризуется весьма высокими локальными температурами в зоне контакта и наличием больших градиентов температур в направлении нормали к обрабатываемой поверхности. В момент удара происходит сжатие соударяющихся тел, работа упругой и пластической деформаций полностью переходит в теплоту. Температура, возникающая в очаге деформации, быстро распространяется вглубь металла. Термический цикл (нагрев-охлаждение) в очаге деформации длится десятые доли секунды, образующаяся теплота не успевает рассеиваться в окружающую среду, в результате чего на поверхности контакта генерируется высокая температура (от 500 до 1200° С).

В момент удара в зоне контакта возникают временные сжимающие температурные напряжения, которые по мере удаления от поверхности уменьшаются и затем переходят в растягивающие. После удара при охлаждении очага деформации в поверхностном слое возникают остаточные растягивающие напряжения, что может оказывать существенное влияние на формирование качества поверхностного слоя.

Возникающая в зоне удара жидкоподобная структура может создавать, коэффициент диффузии в металле значительно больший, чем при температуре плавления, в результате чего возможно образование разных по химическому составу диффузионных слоев с повышенным и пониженным содержанием легирующих элементов.

Глубина распространения пластической деформации, структурные, химические изменения в поверхностном слое тем больше, чем ниже предел текучести обрабатываемого материала. Максимальное упрочнение достигается у каждого материала при определенном давлении деформирующего элемента. У более мягких и пластичных - при меньшем, а у твердых

и менее пластичных, при большем давлении. Наибольший прирост твердости имеют материалы со структурой мартенсита закалки, наименьшей - сорбитные структуры.

Оптимизация режимов ударно-импульсной обработки должна осуществляться на основе количественных взаимосвязей между технологическими факторами, физико-механическими свойствами материала обрабатываемой детали и теми изменениями, которые вносятся при обработке в состояние поверхности и поверхностного слоя.

При ударно-абразивном изнашивании наиболее перспективными являются сплавы с вязкой аустенитной основой и сплавы, находящиеся на границе хрупко-вязкого разрушения.

Для сохранения хорошей стойкости против ударно-абразивного воздействия рекомендуется использовать нестабильно - аустенитные чугуны и стали. В исходном состоянии эти сплавы должны иметь в аустенитной матрице 5-15% мартенсита охлаждения, а фазовые превращения при изнашивании должны обеспечивать образование дополнительно 40-50% мартенсита деформации. Факторами, определяющими требуемое количество мартенсита охлаждения и мартенсита деформации, является содержание углерода в сплаве и энергия ударов при изнашивании.

Высокая износостойкость нестабильно - аустенитных сплавов объясняется тем, что часть энергии внешнего воздействия расходуется не на разрушение поверхности, а на обеспечение фазового превращения в изнашиваемом слое. Мартенситное превращение в ходе износа позволяет снизить уровень напряжений в изнашиваемой поверхности, что позволяет затормозить процессы разрушения.

Целесообразность проведения предварительных упрочняющих обработок должна определяться исходя из реальных условий эксплуатации.

УДК 621.74

Улучшение эксплуатационных характеристик чугуна при пластической деформации

Студенты: гр. 103311 Шкутко А.М., гр. 10404113 Павлович В.С.

Научный руководитель – Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение пластичности ряда специальных чугунов предопределило возможность применения к ним различных методов обработки давлением. Обработка чугуна давлением получила развитие в нескольких направлениях. Одно из них - улучшение качества отливок путем обработки в герметичной камере, заполненной аргоном, в которой поддерживаются на определенном уровне высокая температура и давление в течение 1-3 часов. Детали подвергаются сжатию и пластическому деформированию, в результате чего внутренние поры диффузионно свариваются. Этот процесс получил название горячего изостатического прессования [1]. Достоинства его в повышении таких характеристик материала как ударная вязкость, усталостная и динамическая прочность, ползучесть. Полученные результаты показали, что чугунные отливки, подвергнутые такой обработке, могут конкурировать с коваными стальными деталями. Очевидно, что в первую очередь экспериментальные исследования по деформации чугунов были проведены на заготовках, полученных из высокопрочного чугуна. По данным работы [2] у высокопрочного чугуна за счет горячего изостатического прессования относительное удлинение увеличилось с 1,4 - 7,1 до 5,2 - 14% полностью ликвидированы поры, представляющие собой скопления с размерами 2-8 мкм.

Второе направление - использование обработки давлением для получения деталей с улучшенными эксплуатационными характеристиками непосредственно из литого материала путем пластической деформации [3, 4].

Анализ литературы свидетельствует о принципиальной технологической возможности высокотемпературной деформационной обработки заготовок из износостойких чугунов, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа. В максимальной степени эффектив-

ность способа может быть достигнута для деталей массового производства (мельющие шары, цильпесы и т.д.). Сведения об оптимальных параметрах обработки в литературе отсутствуют. Вероятно, для каждого сплава оптимальные параметры деформации будут различными. Из известных современных способов литья наиболее широкие возможности заложены в способах непрерывного литья. Опыт использования этого процесса позволяет предполагать несомненную перспективность его в получении высококачественных заготовок, в частности предназначенных и для дальнейшей обработки давлением. Успешное использование непрерывного литья в этом направлении требует более детального исследования комплекса факторов, определяющих исходные свойства заготовки из чугуна, подвергающейся дальнейшей пластической деформации, а также оптимальных технологических параметров процесса литья.

Список использованных источников

1. Kreiser H., Kress E. Streubereich engeent. Aust heilen fehlerhafter Gubgefuge mit heibisostatischen Nachverdichten verbessert mechanische Kennwerke //Maschinenmarkt. - 1987, 93, N34, s.16-19
2. Drogas E., Dragar I. Comportements mecanique et metallurgique des fontes a graphite spheroidal en cours de deformation a haute temperature. //Fonderie Fondateur aujourd'hui.-1984.- 40.-25-28.
3. Мурас В.С., Храмченков А.И., Антонишин Ю.Т. Горячее гидродинамическое выдавливание чугуна с шаровидным графитом //Литейное производство-1980 - N5, С. 16-17
4. Антонишин, Ю.Т. Пластическая деформация чугуна / Ю.Т. Антонишин. – Минск: Наука и техника. – 1991, 120с.

УДК 621.74

Анализ существующих способов литья деталей из белых износостойких чугунов

Студенты: гр. 10403112 Захаркевич Е.Н., гр. 10404113 Шишпор К.Д.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современный этап развития литейного производства характеризуется совершенствованием известных и созданием принципиально новых технологических процессов производства отливок, позволяющих значительно повысить эксплуатационные характеристики литых деталей.

Низкая теплопроводность в сочетании с низкой пластичностью белых износостойких чугунов оказывает большое влияние на качество отливок, так как обуславливает высокую чувствительность к неравномерному охлаждению и нагреву при литье и термообработке. В основном возникновение трещин и разрушение отливок происходит при остывании отливок или при посадке в термическую печь вследствие теплового удара, усиливающего уже имевшиеся в литье напряжения. Из-за низкой пластичности напряжения, возникающие в материале заготовки, практически не релаксируются, что может привести к ее разрушению при изготовлении детали или в процессе эксплуатации. Частично влияние низкой пластичности компенсируется высокой прочностью белых износостойких чугунов. Управление процессом затвердевания и режимом охлаждения отливки дает возможность получить изделия с заданными свойствами.

Последние годы характеризуются широким внедрением технологических процессов, развитие и совершенствование которых связано с кристаллизацией сплавов в условиях высоких скоростей затвердевания и охлаждения. Наибольшее распространение для изготовления заготовок из белых износостойких чугунов, получили: литье в кокиль, центробежный способ литья и непрерывные способы литья.

Благодаря высокой теплопроводности материала формы при литье в кокиль, тепло быстро отводится от заготовки, что повышает скорость ее затвердевания и оказывает положительное влияние на ее эксплуатационные свойства. Скорость охлаждения является функцией толщины и тем-

пературы кокиля, времени выдержки заготовки в форме, температуры заливки. Эти факторы создают необходимый для кристаллизации отбеленных структур градиент температур, который можно регулировать во времени.

Высокое качество заготовок при центробежном способе литья достигается за счет повышения плотности металла и удаления из него шлаковых, неметаллических включений и газов. Центробежный способ литья рекомендуется для отливки эллипсоидов и мелких шаров. Способ обеспечивает получение качественных заготовок, но центробежная кокильная машина, формы которой охлаждаются водой, требует больших затрат на изготовление сложной литейной оснастки и имеет невысокую производительность из-за низкой стойкости кокилей.

Вследствие ограниченности номенклатуры заготовок, получаемых центробежным способом литья, а также низкой стойкости кокилей, этот способ для массового производства деталей из износостойких белых чугунов имеет ограниченное применение. Существенное улучшение качества, снижение металлоемкости заготовок достигается при использовании способов непрерывного литья. Известные преимущества способа способствуют постоянному расширению номенклатуры изделий, изготавливаемых из непрерывнолитых заготовок.

Одним из перспективных путей снижения трудоемкости и металлоемкости является разработка технологии, совмещающей высокопроизводительные процессы непрерывного литья и обработки давлением, особенно для деталей массового назначения. Заготовка циклически извлекается из кристаллизатора тянущей клетью и в момент остановки разделяется специальным устройством на длину, соответствующую размеру мелющих тел. Мерные заготовки, нагретые до необходимой температуры, поступают в роторную установку, в которой происходит деформация торцов цилиндрических заготовок бойками. Реализация технологии позволит за счет автоматизации производства и исключения операций, связанных с использованием песчаных смесей, значительно улучшить условия труда [1].

Данные, приведенные в работах [2, 3] свидетельствуют о перспективности использования технологии суспензионной разливки для получения материалов дисперсионно - упрочненных частицами карбидов. Частицы или куски материала, одинакового или близкого к расплаву состава и кристаллического строения, вводят в струю расплава или непосредственно в форму. В процессе затвердевания частицы не расплавляются в жидкой фазе, а остаются в матрице в виде локальной упрочняющей фазы. Наиболее важным отличием суспензионной разливки от других способов литья является возможность достижения объемного затвердевания, а также увеличение скорости затвердевания.

Применение порошкообразных металлических микрохолодильников требует изучения теплофизики их взаимодействия с расплавом. Характер взаимодействия металлических частиц с расплавом зависит от размера частиц, степени перегрева расплава над линией ликвидуса, теплофизических свойств расплава и частиц и некоторых других факторов. Чем ниже температура расплава в момент введения микрохолодильников, тем эффективнее может быть их влияние. При суспензионной разливке сокращается время пребывания расплава в жидком состоянии, снижается температура и повышается вязкость расплава. Ускорение и развитие объемного затвердевания позволяет уменьшить или полностью устранить транскристаллизацию при затвердевании высокохромистых чугунов. Измельчение и оптимизация структуры при суспензионной разливке способствует существенному улучшению механических и других свойств чугуна.

Выбор оптимального технологического процесса получения заготовок из белых износостойких чугунов, обеспечивающего высокий уровень физико-механических и эксплуатационных свойств, является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Список использованных источников

1. Применение метода непрерывного литья чугуна для получения мелющих тел. Экспресс информация. Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства, серия 4, выпуск 1, Москва, 1986, с. 11-13

2. Затуловский, С.С. Суспензионная разливка / С.С. Затуловский. – Киев, 1981 "Наукова Думка", 260 с.

3. Затуловский С.С., Скок Ю.А. Суспензионное литье способ повышения качества отливок // Литейное производство, 1979, №5, с. 20 - 21с.

УДК 621.746

Решение задачи классификации отливок на основе методов параметризации системы «отливка-литниковая система»

Студентки гр. 10404112 Дингилевская Е.П., Дингилевская С.П.

Научный руководитель – Матюшинец Т.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Для решения этой задачи были использованы три группы параметров. Первая группа параметров характеризует литниковую систему (подвод металла, гидросопротивление, отношение длины питателя к длине стояка и пр.), вторая – параметры отливки и литниковой системы (отношение в различных комбинациях параметров первой группы к параметрам третьей группы (комплексные параметры)) и третья характеризует геометрию отливки (геометрические размеры отливки, толщина стенки, масса и пр.). Для решения задачи классификации использовался один из алгоритмов кластерного анализа. Сущность этого алгоритма заключается в распределении объектов, описанных количественными характеристиками (признаками), между таксонами (группами «похожих» элементов).

По результатам работы алгоритма было построено дерево классификации отливок типа «Крышка», представленное на рисунке 1.

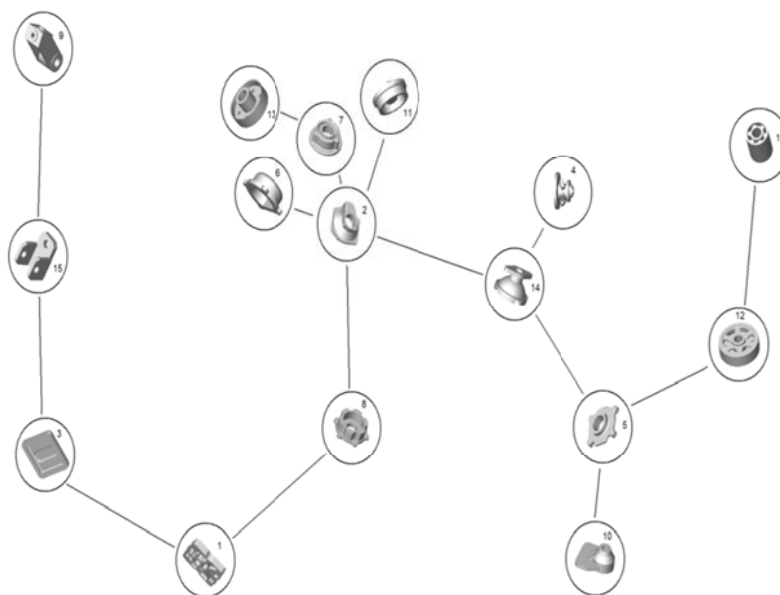


Рисунок 1 – Дерево классификации отливок типа «Крышка»

Таким образом, решение задачи классификации отливок позволяет разделять заданную группу «объектов-отливок» на некоторое число «подклассов-отливок», и определить отношение отливки к конкретному подклассу. Технологии изготовления для отливок одного подкласса можно использовать в качестве начальных приближений технологий для рассматриваемой отливки.

Студенты гр. 10404112 Ярмалицкий В.И., гр. 10404113 Ольшевский П.С.

Научный руководитель – Матюшинец Т.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что проектно-конструкторские работы, связанные с разработкой новых технологий изготовления отливок, в значительной степени опираются на данные опыта. Фактические используемые методы являются прототипированием известных технологических решений данного предприятия. Эмпирические формулы, предлагаемые в теории литейных процессов, «не работают» для сложных фасонных отливок. Поэтому, как показывает опыт многих предприятий, используемые технологии изготовления отливок часто далеки от оптимальных, прежде всего из-за размеров литниковых систем. Тем не менее, они непрерывно совершенствуются путем экспериментирования в работающей технологической цепочке промышленного предприятия.

На рисунке 1 представлены алгоритмические схемы разработки технологии получения отливок литьем в разовые формы.

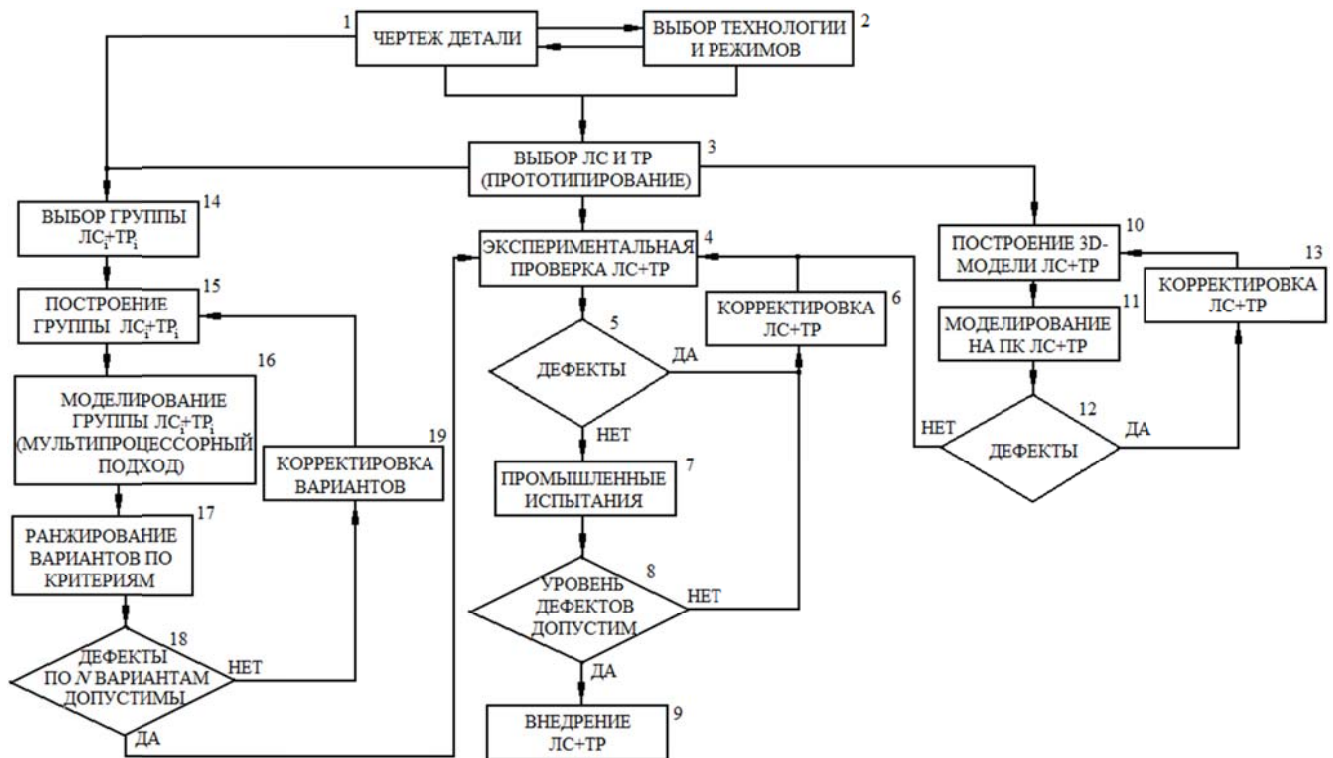


Рисунок 1 – Сравнение организационных алгоритмических схем для разработки технологического процесса с различным уровнем автоматизации

Цепочка нулевого уровня автоматизации (блоки 1-2-3-4-5-6-7-8-9) традиционно включает в себя выбор на основе опыта технологов литниковой системы и технологических режимов, проверку выбранного варианта технологии и оценку свойств полученной отливки (блок 5). Если качество отливки не удовлетворяет требованиям, то проводится корректировка литниковой системы и технологических режимов (блок 6) с дальнейшим повторением блока 4 и блока 5, до тех пор, пока требуемый уровень свойств отливки не будет достигнут. Для вариантов, удовлетворяющих требованиям по качеству отливок, проводятся промышленные испытания (блок 7) и проверяется стати-

стически на группе отливок выполнение уровня по свойствам. Если промышленные испытания показали неэффективность данной технологии, то по цепочке 8-6-4 проводится повторно корректировка технологии изготовления отливки. Представленная схема разработки технологического процесса фактически не содержит методов автоматизации и затратна как по материалам, так и по времени. По этой технологической цепочке работает основная часть литейных предприятий.

Для повышения уровня автоматизации на предприятиях, имеющих САЕ-системы, предлагается оптимизировать технологию изготовления отливки по циклу 10-11-12-13-10. Эта схема характеризует первый уровень автоматизации и уже на этапе построения чертежей строится 3d-модель отливки и литниковой системы (блок 10). На следующих этапах проводится моделирование на ПЭВМ процесса заполнения формы, на основании чего последовательно шаг за шагом принимается решение о проведении экспериментальной проверки выбранного технологического варианта. Одним из недостатков технологической схемы с первым уровнем автоматизации является то, что выбираемое начальное приближение технологии, основанное на опыте технолога, может быть неудачным с точки зрения дальнейшей его оптимизации. Поэтому дальнейшее совершенствование технологии и литниковой системы может реализовываться в очень узком технологическом интервале.

Для повышения автоматизации проектно-конструкторских работ предлагается алгоритмическая цепочка 3-14-15-16-17-18-19. Эффективность данной схемы достигается за счет параллельного расчета группы начальных приближений, включающих технологические режимы, тип литниковой системы и положение мест питания отливки (блок 14). То есть оптимальное решение ищется среди принципиально «разнородных» технологических решений. Чтобы реализовать эту цепочку 3-14-15-16-17-18-19, необходимы мультипроцессорные технологии, позволяющие в десятки раз увеличить производительность расчетно-графических работ, связанных с моделированием технологического процесса. При использовании разработанной цепочки со вторым уровнем автоматизации проектно-конструкторских работ наилучший технологический вариант оснастки находится не методом последовательных приближений, характерным для цепочек с условно нулевым и с первым уровнем автоматизации проектно-конструкторских работ, а методом веерных приближений, что позволяет минимизировать временные затраты на разработку технологии изготовления отливок из-за неверно выбранного начального приближения по литниковым системам.

Таким образом, предлагаемая алгоритмическая схема для разработки литейной оснастки, включающая блоки 1-2-3-14-15-16-17-18-19 и 4-5-6-7-8-9, отличается от известных высоким уровнем автоматизации, который обеспечивается за счет проведения многовариантных расчетов технологического процесса. Такой подход позволяет сократить сроки проектирования технологической оснастки, повысить качество принимаемых решений, оптимизировать материально-временные ресурсы, затрачиваемые на подготовку к внедрению технологии изготовления отливок.

УДК 621.74

Реконструкция цеха радиаторов ОАО «МЗОО»

Студент гр. 304326 Левшов Е.И.
Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

ОАО «Минский завод отопительного оборудования («МЗОО») является высокомеханизированным предприятием с развитым чугунолитейным и механосборочным производством. В цехе радиаторов производятся отопительные радиаторы, потребность в которых значительно превосходит спрос, как на внутреннем, так и внешних рынках.

Целью реконструкции цеха радиаторов и, следовательно, изменений подходов к технологии производства продукции является рост объемов продаж отопительных радиаторов на экспорт за счет расширения номенклатуры конкурентоспособной продукции. Вместе с тем в цехе радиато-

ров в настоящее время используются технологические процессы, которые тормозят разработку и изготовление изделий, соответствующих стандартам ведущих европейских стран. Необходимо отметить также и высокий уровень износа машин и механизмов. Существующее оборудование и технология изготовления отливок радиаторов физически и морально устарело и не обеспечивают необходимого качества продукции по точности отливок и качеству поверхности.

Стратегия развития цеха радиаторов предусматривает коренную реконструкцию литейного цеха радиаторов с установкой автоматической формовочной линии Disamatic 270С.

Выбор автоматической формовочной линии Disamatic 270С обоснован опытом эксплуатации подобной линии Disamatic 230 в цехе ковкого и серого чугуна при изготовлении отливок радиатора. Предполагается, что при использовании Disamatic-270 С, в одной форме будет заливаться по четыре отливки (рисунок 1).

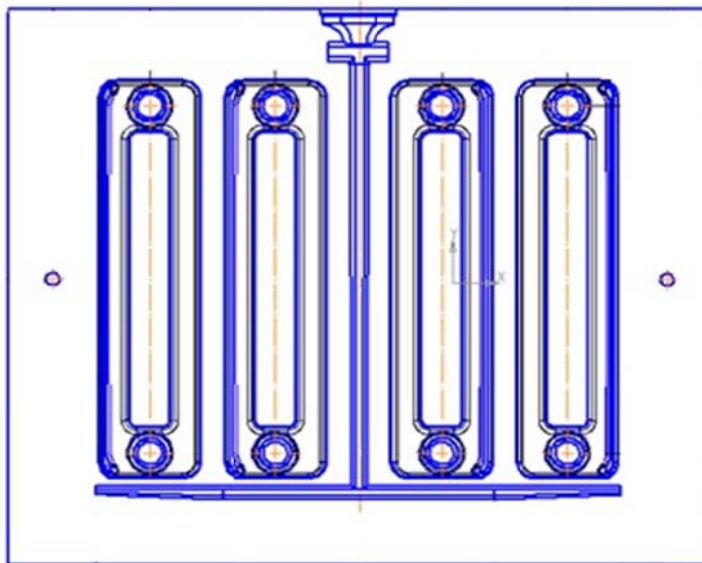


Рисунок 1 – Схема неподвижной плиты

Автоматическая формовочная линия Disamatic 270С включает в себя формовочный автомат, стержнеукладчик, заливочный конвейер, ленточных транспортер подачи залитых форм, барабан DISACOOЛ с автоматической подачей воды для охлаждения отливок и формовочной смеси. В комплексе с формовочной линией так же предусматривается монтаж землеприготовительного оборудования и заливочного комплекса с индукционной электропечью.

Внедрение Disamatic-270С вместо устаревшего формовочного оборудования даст возможность при трехсменной работе увеличить выпуск радиаторов до 10000000 шт/г. Также ожидается, что внедрение и эксплуатация данной линии не только снизит себестоимость отливок и повысит качество продукции, но и значительно сократит выбросы вредных веществ в атмосферу и существенно улучшит условия труда рабочих.

УДК 621.74

Регенерация формовочного песка в СЛЦ №2 «МАЗ»

Студент гр. 304326 Попок Ю.В.
Научный руководитель – Одиночко 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

ственные 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 (рисунок 1).

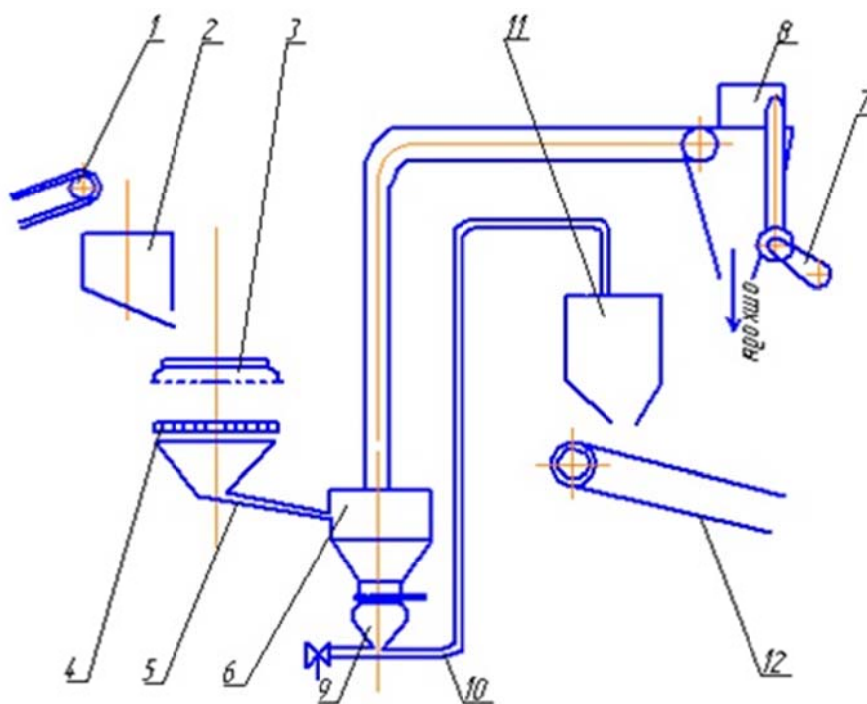


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса регенерации формовочного песка из бракованных стержней:

- 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 смешивания.

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.

УДК 621.531

Использование Компас – 3D V14 для построения планов механизма

Студенты: гр. 10404212 Буйневич Ф.А., Базылев Н.В., гр. 10404213 Шишпор К.Д.
 Научный руководитель – Одиночко В. Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

На рисунке 1 представлена кинематическая схема плоского рычажного механизма.

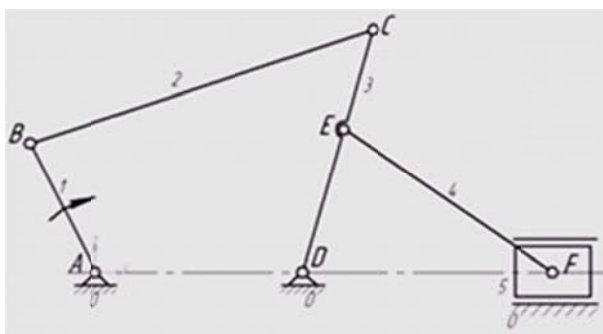


Рисунок 1 – Кинематическая схема плоского рычажного механизма

Для кинематического анализа механизма необходимо построить несколько совмещенных планов механизма. Построение планов механизма начинается со структурного анализа. Механизм разбивается на группы Ассур и определяется степень свободы механизма.

Для построения планов положения механизма необходимо определить масштабный коэффициент μ_l по формуле:

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB} = \frac{0,1}{50} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}},$$

где $l_{AB}=0,1$ м — истинная длина кривошипа (звено 1); $AB=50$ мм – отрезок, изображающий на кинематической схеме длину кривошипа (задан произвольно). Длины остальных звеньев механизма на кинематической схеме рассчитываются путем деления их истинных длин на масштабный коэффициент μ_l .

В открытой программе «Компас-3D» на вкладке «Создать» выбирается «Фрагмент».


Для построения траектории движения точки В выбирается инструмент «Окружность»



Окружность диаметром 50 мм изображается штрихпунктирной линией и добавляются оси. Точка D находится на расстоянии 95 мм правее точки A на горизонтальной оси с учетом масштабного коэффициента. Траекторией точки C будет дуга окружности радиуса $R=70$ мм с центром в точке D.


В качестве начального первого плана механизма принимают план, соответствующий одному из крайних положений выходного звена, т.е. в данном случае, например, крайнее правое положение ползуна. Для этого складываем длины кривошипа АВ и шатуна ВС, и дугой окружности этого радиуса делается засечка на траектории точки С. Далее проводится

вспомогательную прямую  через точку А и полученную засечку.

Теперь основной линией  изображается начальное положение кривошипа АВ и ползуна ВС и коромысла CD.

Траекторией точки Е будет дуга окружности радиуса $R=50$ мм, с центром в точке D. Необходимо провести эту окружность.

Затем нужно продлить вправо горизонтальную ось, которая будет является траекторией движения точки F. Дугой окружности радиуса $R=75$ мм, с центром в точке E, делается засечка на горизонтальной прямой AF, и получается начальное положение точки F. После соединения точек E и F план механизма, соответствующий крайнему правому положению ползуна готов.

Для построения нескольких планов механизма, например, шести нужно разделить траекторию точки В на шесть равных частей, начиная от начальной точки с помощью инструмента «Точки по кривой»  и начертить шесть положений кривошипа АВ.

Используя инструменты программы «Компас», с помощью геометрического калькулятора, находятся последовательное положение всех точек механизма в каждом из шести положений. Точки соединяются контурными линиями (рисунок 2).

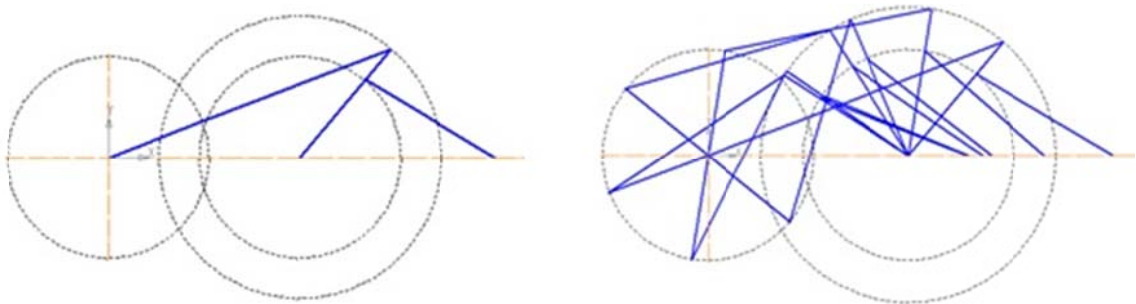






Рисунок 2 – Этапы построения плоского рычажного механизма

Далее с использованием инструментов «Геометрия» , «Окружность»  «Редактирование»  «Усечь кривую»  строятся кинематические пары механизма.

На рисунке 3 представлены планы механизма в окончательном виде.

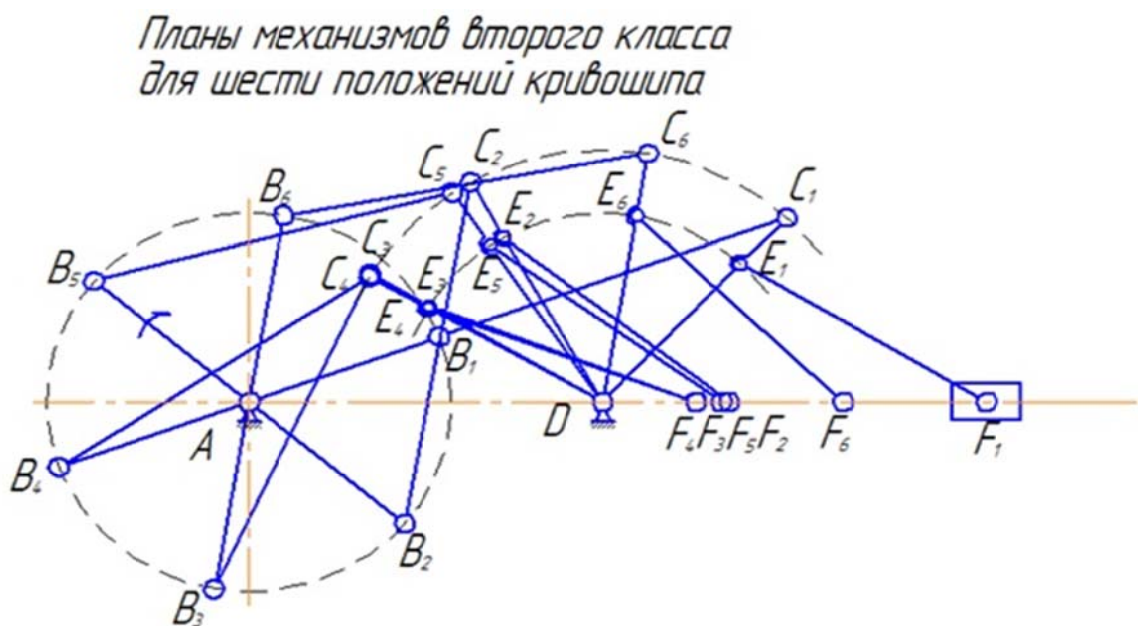


Рисунок 3 – Шесть положений плоского рычажного механизма

Литые быстрорежущие стали, их классификация и свойства

Студенты: гр. 104310 Лихачёв П.С., Чижонок Д.И.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время быстрорежущая сталь продолжает оставаться ведущим материалом для производства разнообразной металлообрабатывающей оснастки и режущего инструмента. Такие сплавы часто используются при изготовлении станочных пил, сверл и рабочих головок буров. Несмотря на появившееся сейчас большое разнообразие всевозможных твердосплавных композитных и керамических материалов, обеспечивающих даже большую производительность обработки, быстрорежущие инструментальные стали прочно удерживают свои позиции.

Они обозначаются в соответствии с ГОСТ 19265-73 и содержат 0,7-1,5 % С, поставляются высококачественными. В марках стали буквы и цифры обозначают Р – быстрорежущая (от англ. слова “Rapid” – быстрый, скорый), цифра, следующая за буквой – среднюю массовую долю вольфрама, М – молибден, Ф – ванадий, К – кобальт, А – азот; цифры, следующие за буквами, означают соответственно массовую долю молибдена, ванадия, кобальта; Ш – электрошлаковый переплав. Современные быстрорежущие стали обычно содержат до 18% вольфрама и молибдена, 2-7% хрома и небольшие количества кобальта и ванадия.

По содержанию легирующих элементов быстрорежущие стали подразделяются на вольфрамовые, молибденовые, вольфрам-молибденовые. В особую группу выделяются металлы, легированные кобальтом. Такие сплавы, как правило, применяются при изготовлении инструментов для обработки труднообрабатываемых деталей из жаропрочных сплавов. Быстрорежущая сталь, легированная ванадием главным образом предназначена для производства инструментов чистовой обработки – протяжек, разверток и прочих.

Классическая марка быстрорежущей стали Р18 служит для изготовления сложных и фасонных резбонарезных инструментов. По рабочему температурному режиму быстрорежущие стали делятся на три категории: сплавы с нормальной, повышенной и высокой теплоустойчивостью.

К первой группе принадлежат вольфрамовые (Р18, Р9) и вольфрамо-молибденовые (Р6М5). Такие марки применяются при обработке цветных металлов, конструкционных сталей и чугуна. Для материалов второй категории характерным является повышенное содержание кобальта, углерода и ванадия. Наиболее популярная марка в данной группе - Р6М5Ф3.

Ванадиевым сталям свойственна повышенная износостойкость. Единственный их серьезный недостаток – плохая шлифуемость, так как твердость карбидов ванадия не уступает аналогичному показателю электрокорундового шлифовального диска. И, наконец, стали третьей категории характеризуются меньшим содержанием углерода, что делает их пригодными для обработки жаропрочных, нержавеющих и титановых сплавов. Еще одна их характерная отличительная черта – большее количество легирующих элементов (Р6М5К5).

Быстрорежущие стали относятся к ледебуритному (карбидному) классу (рисунок 1). Их фазовый состав в отожженном состоянии представляет собой легированный феррит и карбиды. В феррите растворена большая часть хрома; почти весь вольфрам (молибден) и ванадий находятся в карбидах.



Рисунок 1 – Микроструктура литой быстрорежущей стали. Первичные дендриты окружены сеткой ледебурита

УДК 621.74

Переработка и использование низкосортных металлоотходов

Студенты гр. 10404112 Пупейко Е.В., Супрун А.Ю.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Проблема переработки и вторичного использования (рециклинга) низкосортных металлоотходов (стружки, окалины, скрапа, пыли металлургических производств, шлама и т.д.) имеет два одинаково важных аспекта: с одной стороны – низкосортные металлоотходы – это постоянно накапливающиеся опасные отходы, захоронение которых создает реальную угрозу окружающей среде (по оценкам экспертов в Республике уже скопилось более 3 млн. тонн отходов подобного рода и ежегодно образуется около 250 тысяч тонн); с другой стороны, основным компонентом в них являются металлы - ценное и дорогостоящее сырье, которое наша Республика целиком ввозит из-за рубежа (в Беларусь ежегодно ввозится около 2 млн. тонн различных металлов).

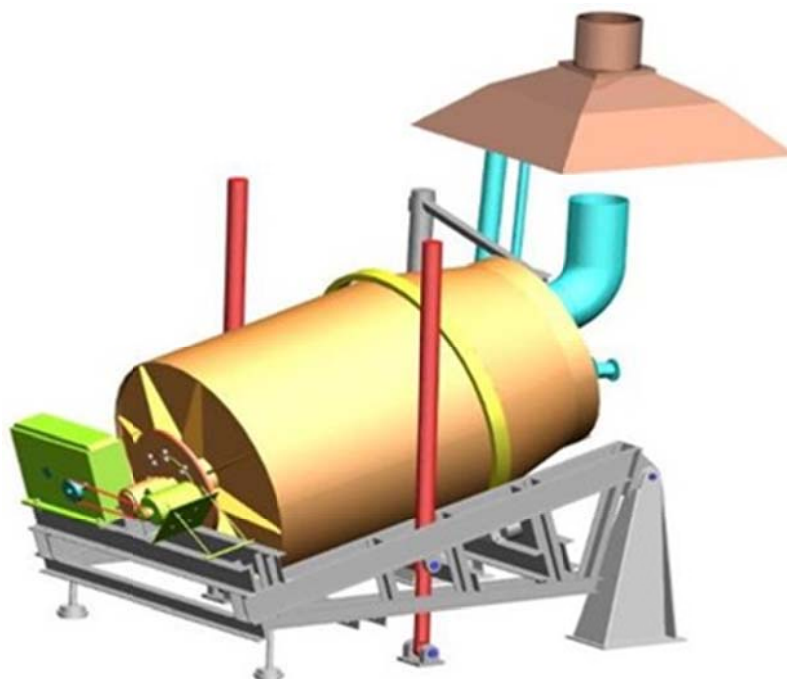


Рисунок 1 – Ротационная качающаяся плавильная печь

Таким образом, решение этой проблемы является важнейшей народнохозяйственной задачей для нашей страны. Ситуация со сбором и переработкой низкосортных металлоотходов в Беларуси усугубляется еще и тем, что в Республике нет собственного металлургического производства полного цикла (позволяющего получать металл непосредственно из руды), способного переработать большое количество любых металлоотходов, в том числе и сильноокисленных, с другой стороны – в стране большое количество крупных, средних и мелких машиностроительных предприятий, на каждом из которых образуются отходы металлов (стружка, окалина, металлическая пыль и т.д.), что осложняет централизованный сбор и сортировку отходов.

Учитывая важность и актуальность задачи переработки низкосортных металлоотходов и особенности этой проблемы в условиях Беларуси, было разработано оригинальное техническое решение, позволяющее эффективно перерабатывать металлоотходы непосредственно в местах их образования. В основе решения – применение для переработки отходов ротационных качающихся плавильных печей - «РКП» (рисунок 1). Компактные, относительно недорогие (50-100 тыс. евро) ротационные печи могут быть установлены практически на любом машиностроительном предприятии.

Учитывая, что основным способом нагрева материала в этих печах является конвективный теплообмен в подвижном слое, идеальной шихтой для них являются мелкодисперсные материалы, т.е. стружка и окалина может и должна подаваться в РКП в исходном, небрикетируемом виде.

В соответствии с разработанной технологией в печи реализуется две стадии единого процесса:

I – восстановление металла из оксидов (а также сульфидов и других соединений) в безокислительной атмосфере в присутствии восстановителя (отсев кокса, электродный бой и т.д.);

II – расплавление восстановленного металла и доводка расплава до требуемого химсостава.

В зависимости от стадии процесса в печи с помощью регулировки соотношения «газ (или жидкое топливо) – воздух» создается восстановительная или окислительная атмосфера. Регулировка температуры осуществляется изменением подачи топлива и путем обогащения дутья кислородом (в случае переработки железоуглеродистых сплавов).

Преимущества ротационной печи по сравнению с традиционными тигельными, отражательными, котловыми и барабанными печами, используемыми для переработки отходов:

- снижение удельных энергозатрат на 20-25%;
- сокращение расхода флюсов на 10-15%;
- повышение производительности на 30-35% при одинаковой тепловой мощности;
- возможность переработать практически любую шихту без предварительной подготовки;
- возможность активного ведения всех металлургических процессов (восстановления, расплавления, перегрева, модифицирования, перемешивания и т.д.).

УДК 621.74

Снижение удельных энергозатрат при электроплавке чугуна и стали

Студенты: гр. 10404112 Мудрый В.В., гр. 10404113 Скотников А.Ю.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение эффективности использования энергии – одна из важнейших задач современного производства. Наиболее энергоемкими процессами машиностроения являются плавка и термообработка металлов, при этом наиболее дорогим источником энергии сегодня, по-прежнему, остается электроэнергия.

Среди способов сокращения удельных затрат электроэнергии на электроплавку чугуна и стали наиболее эффективным является предварительный газовый подогрев металло-

шихты. При этом горячие газы для нагрева шихты могут быть получены как за счет сжигания природного газа или жидкого топлива, так и за счет использования вторичных энергоресурсов – скрытой (химической) и тепловой энергии газов, отходящих от основного технологического (плавильного и нагревательного) оборудования.

Высокотемпературный нагрев металлошихты в потоке горячих газов может быть реализован в автономной одноступенчатой установке подогрева шихты в завалочных бадьях – термосах. Предлагаемая установка (рисунок 1) включает в свой состав: свод, оснащенный приводом поворота и подъема, на котором устанавливается одна или несколько газовых горелок, свод консольно крепится к опорной стойке; основание, подключаемое к системе аспирации, на которое устанавливается бадья с шихтой; систему аспирации и очистки и систему снабжения установки природным газом.

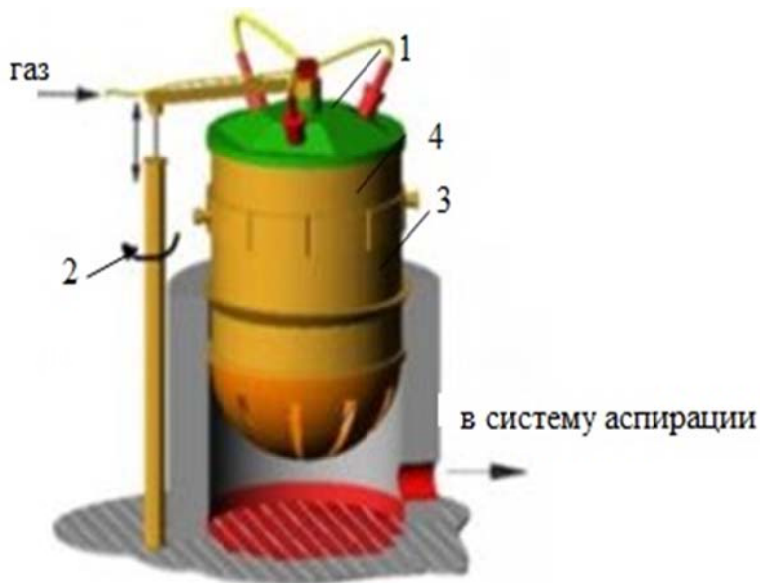


Рисунок 1 – Установка подогрева шихты:
1 – свод; 2 – опорная стойка; 3 – основание; 4 – бадья-термос

Предлагаемая установка может обеспечить нагрев 6-9 тонн металлошихты в час до температуры 500-5500 °С в среднем по объему бадьи. Удельный расход природного газа на нагрев шихты до указанной температуры составляет 12-14 м³ на 1 тонну. При этом сокращение удельного расхода электроэнергии на расплавление 1 тонны шихты составит не менее 20-25 % от уровня расхода на холодной шихте (т.е. около 140-170 кВт · час). К.П.Д. установки – не менее 60-65%.

Оригинальная конструкция бадьи (бадья-термос) исключает перегрев ее стенок и грузоподъемной траверсы. Высокотемпературный нагрев шихты обеспечивает сокращение времени электроплавки, снижение угара основных элементов, увеличение срока службы футеровки, повышает безопасность ведения плавки (исключая попадание в ванну жидкого металла влажной и замасленной шихты) и ее экологические параметры.

Ведение плавки на горячей шихте, полученной на предлагаемой установке, позволяет снизить себестоимость 1 тонны жидкого металла на сумму, эквивалентную 14-16 долларов США. Окупаемость предлагаемой установки составляет не более 3-5 месяцев.

Комплексное модифицирование быстрорежущей стали Р6М5Л

Студенты гр. 104310 Лихачев П.С., Чижонок Д.И.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В данной работе для управления процессом формирования структуры литой быстрорежущей стали Р6М5 и повышения ее физико-механических и эксплуатационных свойств, выбрано комплексное модифицирование.

Модифицирование направлено на решение ряда задач:

- измельчение макрозерна;
- измельчение микрозерна (дендритных ячеек);
- измельчение фазовых составляющих эвтектик, перитектик, хрупких и легкоплавких фаз (с изменением их состава путем введения присадок, образующих с этими фазами химические соединения);
- измельчение и глобулизация неметаллических включений (карбидов, оксидов, сульфидов и пр.).
- Иногда к модифицированию относят также процессы рафинирования и микролегирования, поскольку, наряду с воздействием на структуру, малые добавки многих элементов снижают содержание газов, вредных примесей (десульфурация и дефосфорация стали), играют роль раскислителей, изменяют механические, технологические и другие свойства сплавов.
- Применение комплексных модификаторов обусловлено несколькими причинами:
- совместное действие двух и более модификаторов усиливает эффект, получаемый при использовании одиночного модификатора. Это связано с отмеченным выше зарождением центров кристаллизации на нерастворимых примесях в слое жидкой фазы, обусловленным введением растворимой примеси (особенно поверхностно-активной);
- при использовании комплексного модификатора создается возможность минимизировать содержание каждого из его компонентов, что облегчает выполнение условий ограничивающих содержание в сплаве примесей;
- сочетание модифицирования с физическими воздействиями усиливает эффект от действия модификаторов и создает условия для получения особо-мелких и специальных структур.

Следует отметить, что модификаторы как I, так и II рода, можно эффективно использовать для измельчения структуры отдельных фазовых составляющих сплава (т.н. избирательное модифицирование). Объясняется это тем, что наибольшей модифицирующей активностью частицы модификаторов обладают по отношению к определенным фазовым составляющим сплава. Это дает возможность управлять структурой фазовых составляющих сплава раздельно и практически независимо.

В качестве комплексного модификатора в работе использован диборид титана. Титан по результатам предыдущих исследований проявляет инокулирующее действие на структуру стали. Бор, в свою очередь входит в состав эвтектики, расположенной по границам зерен.

Диборид титана получали с помощью самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), процесса заключающегося в перемещении сильной экзотермической реакции в среде реагентов (титана и бора в соответствующей пропорции).

В результате исследования установлено, что в использование диборида титана в качестве комплексного модификатора приводит к измельчению структурных составляющих, повышению ударной вязкости, теплостойкости и износостойкости стали Р6М5Л

Исследование влияния наномодифицирования на структуру и свойства цинковых антифрикционных сплавов

Студенты: гр.104310 Шапелевич И.А., Чижонок Д.И., гр. 104311 Куприянова Л.И.
 Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Цинковые сплавы представляют большой интерес для промышленности Республики Беларусь, прежде всего, как заменители оловянных бронз. Они отличаются высокими механическими и антифрикционными свойствами, не дефицитны и весьма экономичны.

Из антифрикционных сплавов на основе цинка по оптимальному сочетанию алюминия и меди могут быть использованы несколько: ЦАМ 10-1, ЦАМ 10-5, ЦАМ 30-5 и аналогичные. Наибольший интерес для замены литейных антифрикционных бронз БрОЦС 6-6-3, БрОЦС 5-5-5, а в некоторых случаях БрОС 8-12, БрОФ 10-1, представляет цинковый сплав ЦАМ 10-5, содержащий 9-11 % алюминия, 4-6 % меди и цинк (остальное). Сплав отличается от ЦАМ 10-1 более высокими антифрикционными и прочностными свойствами, а от сплава ЦАМ 30-5 меньшей склонностью к усадке. Он и выбран в качестве базового для дальнейшего исследования возможности использования в подшипниках тяжело нагруженных прессов.

В качестве модифицирующих добавок для исследования их влияния на процесс структурообразования антифрикционного сплава системы цинк-алюминий-медь в наноструктурированном виде выбраны нитрид бора и бемит. Нитрид бора выбран на основании того, что бор по мнению ряда ученых является единственным элементом, способным проявлять модифицирующий эффект по отношению к цинку и сплавам на его основе. Бемит – минерал из класса гидроксидов с химической формулой $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ может быть модификатором алюминий содержащих структурных составляющих антифрикционного сплава (α – твердый раствор, продукты его распада).

Микроструктуры сплава с различным содержанием добавок приведены на рисунке 1.

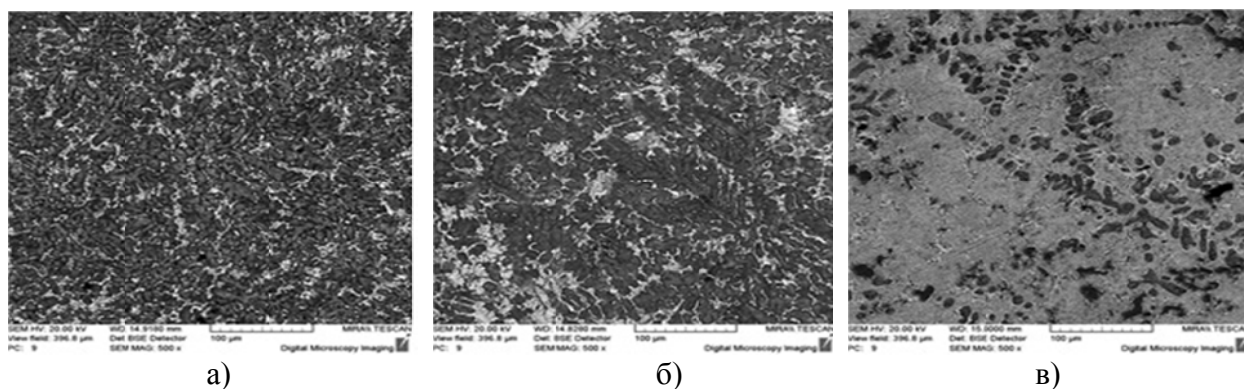


Рисунок 1 – Микроструктуры экспериментального антифрикционного сплава x 500:
 а – без добавок; б – с добавкой наноструктурированного бемита; в – с добавкой нитрида бора

Судя по результатам металлографического анализа образцов исследуемого сплава вводимые нанодобавки кардинально меняют дисперсность, характер, распределения, количественное соотношение структурных составляющих. Так при введении в расплав значительно увеличивается доля эвтектики, представляющей смесь двух твердых растворов.

Особенно этот эффект проявляется при модифицировании нитридом бора и, в несколько меньшей степени, бемитом. В частности в структуре сплава обработанного нитридом бора фиксируется лишь небольшая доля (не более 10 %) первичных зерен α – твердого раствора,

выстроенных в направлении осей дендритов. Модифицирующий эффект нанодобавок проявляется как в инокулирующем, так и лимитирующем действии на кристаллизующийся расплав. Бемит и нанокристаллический нитрид бора могут быть использованы в качестве модифицирующих добавок для управления формированием структуры антифрикционных сплавов на основе цинка.

Результатом наномодифицирования является измельчение структурных составляющих сплава (первичных зерен твердых растворов), увеличение доли эвтектики на базе твердых растворов вследствие перераспределения элементов между фазами.

Внедрение результатов исследования позволяет существенно снизить себестоимость изготовления вкладышей подшипников путем замены дорогостоящих бронз, снижения энергозатрат при изготовлении, использования в технологическом процессе изготовления в качестве шихтовых материалов – вторичных цинксодержащих металлоотходов.

УДК 621.74

Особенности термической обработки быстрорежущих сталей

Студенты: гр. 104310 Лихачёв П.С., Чижонк Д.И.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для снижения твердости, улучшения обработки резанием и подготовки структуры стали к закалке быстрорежущую сталь послековки подвергают отжигу при 860–880 °С. Для придания стали теплостойкости инструменты подвергают закалке и многократному отпуску.

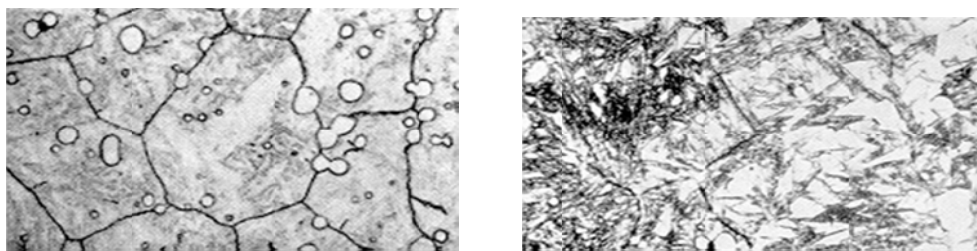


Рисунок 1 – Микроструктура быстрорежущей стали в процессе термической обработки

Окончательная термическая обработка – закалка и высокий отпуск. Микроструктура закаленной стали состоит из легированного мартенсита, остаточного аустенита (до 30%) и карбидов. После трехкратного отпуска при температуре 560°С количество остаточного аустенита уменьшается до 2–3%, твердость увеличивается. Для снижения количества остаточного аустенита применяется обработка холодом.

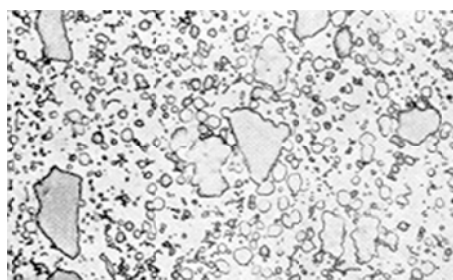


Рисунок 2 – Структура быстрорежущей стали - мелкие, твердые, однородно распределенные карбиды и мартенсит, легированный для теплостойкости вольфрамом и (или) молибденом

Из-за высокой стоимости и дефицитности вольфрама из быстрорежущей стали изготавливают только рабочую часть инструмента, которую прикрепляют к державке из обычной углеродистой стали.

Высокие температуры закалки необходимы для более полного растворения вторичных карбидов и получения высоколегированного аустенита. Это обеспечивает получение после закалки мартенсита, обладающего высокой устойчивостью против отпуска, т.е. теплостойкостью.

Во избежание образования трещин в инструменте при нагреве до температуры закалки его подогревают. Выдержка при температуре закалки должна быть непродолжительной при нагреве в расплавленной соли (чаще в BaCl_2). Охлаждающей средой при закалке чаще является масло. После закалки следует трехкратный отпуск, вызывающий превращение остаточного аустенита в мартенсит и дисперсное твердение за счёт выделения карбидов.

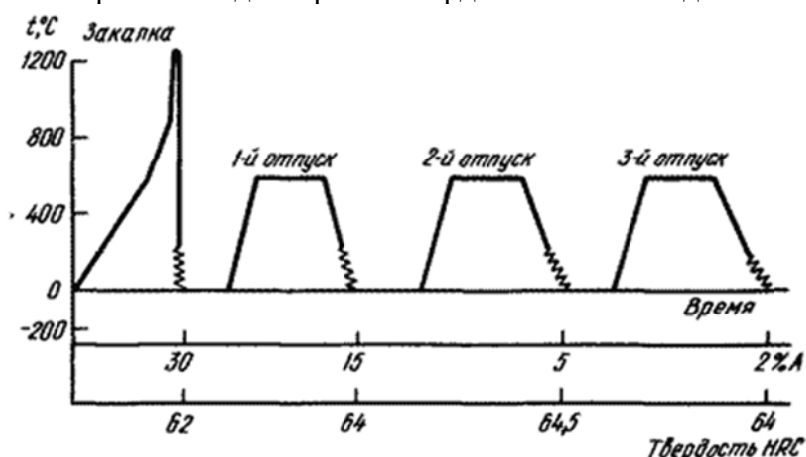


Рисунок 3 – Обычный режим термической обработки быстрорежущей стали

УДК 621.74.

Методика расчета литниковой системы для форм с вертикальной плоскостью разреза

Студенты: гр.104310 Дейчик А.И., гр.104312 Тонкович А.А.
 Научный руководитель – Скворцов В.А.
 Блорусский национальный технический университет
 г. Минск

Расчет вертикальных напорных литниковых систем для автоматических формовочных линий с вертикальной плоскостью разреза сводится к определению площади сечения питателя, подводных литниковых каналов и выбору номера и размеров литниковой чаши. Площадь сечения питателя (F_n) находится по формуле

$$F_n = \frac{1036 \cdot G}{t \cdot m \cdot \sqrt{H_{расч.}}}$$

где G — масса отливки, кг;

t — время заполнения одной полости формы расплавом,

c ; m — коэффициент трения;

$H_{расч.}$ — высота ферростатического давления, мм.

Время наполнения полости формы (t) необходимо выбирать на 4 с короче цикла работы формовочной машины, чтобы не задерживать процесс формообразования. Продолжительность цикла зависит от типа машины, производительности, толщины формы и наличия стержней. Толщина формы, в свою очередь, зависит от максимальных высот моделей на

плитах давления и противодействия и минимальной толщины слоя формовочной смеси между моделями, которая берется равной 70 мм (рисунок 1) и определяется из выражения

$$h_0 = h_1 + h_2 + 70$$

где h_1 – максимальная высота модели на плите противодействия, мм;

h_2 – максимальная высота модели на плите давления, мм.

Значения G , h_1 и h_2 выбираются на основании литейно-модельных указаний, нанесенных на чертеж детали.

Максимальная производительность для автоматических линий Дисаматик 2013МК5-А и 2013МК5-Б с размерами формы: шириной 600 и 650 мм, высотой 480 и 535 мм соответственно, составляют 370 и 350 форм в час.

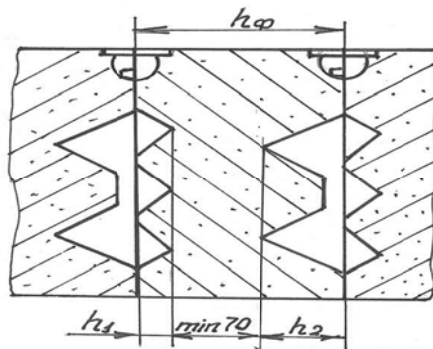


Рисунок 1 – Схема к определению толщины формы

На основании значений максимальной производительности определяем продолжительность цикла изготовления формы на указанных выше автоматических линиях

Коэффициент потерь (μ) зависит от температуры заливки, геометрии литниковой системы, газового давления в полости формы и рекомендуется выбирать при толщине питателя до 3 мм-0,4; 4 мм-0,5 и 5 мм-0,6.

Высота ферростатического давления металла в литниковой системе (H_p) зависит от расположения питателей от уровня металла в литниковой чаше. Для определения (H_p) составляется эскиз расположения моделей на подмодельных плитах (рисунок 2) с учетом необходимых минимальных толщин формовочной смеси в верхней, нижней и боковых кромках формы, зависящих от толщины стенок отливки и тотальной высоты модели.

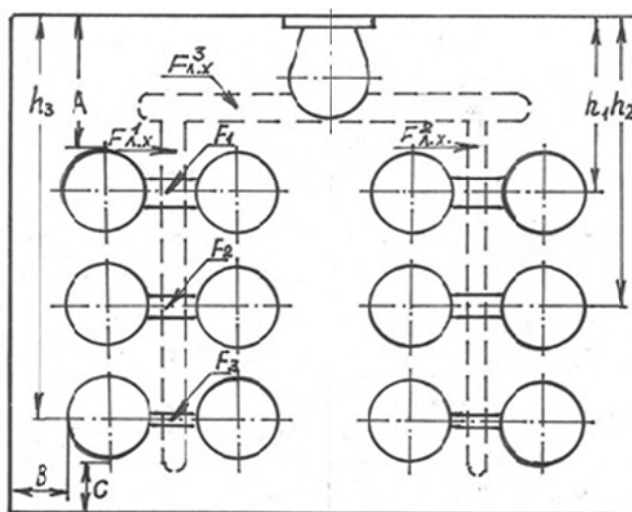


Рисунок 2 – Схема расположения моделей на подмодельной плите

После нахождения площадей питателей (F_n) определяются площади сечений литниковых ходов ($F_{л.х.}$):

$$F_{л.х.} = \sum F_n \cdot 1,2$$

где $\sum F_n$ – сумма площадей питателей, отходящих от литникового хода.

Для приведенной схемы (рисунок 2) площадь сечения:

$$F_{л.х.}^1 = (2F_1 + 2F_2 + 2F_3) \cdot 1,2$$

Поскольку литниковый ход 1 и 2 питают одинаковое количество отливок, то их площади будут равны. Литниковые ходы 1 и 2 можно делать ступенчатыми или коническими, постепенно уменьшая их сечение по мере снижения количества питаемых отливок.

Определяется массовая скорость заливки металла в форму по формуле и выбирается тип и размеры литниковой чаши.

$$m_r = \frac{G_\phi}{\tau}$$

После нахождения всех элементов литниковой системы необходимо промоделировать рассчитанную литниковую систему на предмет возможности образования дефектов усадочного характера.

УДК 621.745.

Влияние модифицирования FeSiZr и FeSiMnZr на кристаллизацию чугуна

Студент гр. 104310 Самосюк П.И.

Научный руководитель – Чичко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Механизм модифицирования чугуна заключается в оказании влияния на зарождение и рост кристаллов, в первую очередь на кристаллизацию графита при эвтектической температуре. Гомогенное, спонтанное зарождение кристаллов обычно не рассматривается, так как оно происходит при соответствующем переохлаждении. На практике в связи с наличием в расплаве различных включений происходит гетерогенное зарождение кристаллов при отсутствии какого-либо значительного переохлаждения. Такими включениями в расплаве в соответствии с теорией гетерогенного зарождения кристаллов являются диспергированные частички оксидов кремния, сульфиды, нитриды. Основное влияние на кристаллизацию чугунов оказывают ферросилиций и силикокальций, примеси кальция и алюминия. Проблемой модифицирования является пролонгирование эффекта модифицирования в связи с его затуханием или исчезновением со временем. Некоторые из модифицирующих элементов, особенно барий, стронций, стабилизируют эффект модифицирования (иногда до 100 %). При введении ферросилиция с кальцием, барием, стронцием и цирконием стабилизируются образующиеся оксиды, карбиды, нитриды, которые воздействуют на кристаллизацию чугуна.

Металлы II группы таблицы Менделеева, включая алюминий, оказывают эффективное модифицирующее воздействие на жидкий чугун. Данные элементы увеличивают число зародышей кристаллизации в металле, снижают величину необходимого для зарождения переохлаждения и способствуют графитизации чугуна. Наряду с элементами II группы для этой же цели используется цирконий, который способствует дезоксидации, денитризации, десульфурации чугуна и образованию графита шаровидной формы за счет повышения эвтектической температуры и склонности его к перлитизации; воздействие его проявляется также в увеличении количества эвтектических зерен и механической прочности.

Эффективность воздействия модификаторов RFeSiZr и R FeSiMnZr изучалась на основе анализа чугуна с помощью металлографических микроскопов, электронного микроско-

па и дифференциально-термического анализа. Составы модификаторов (FeSiZr и FeSiMnZr) соответственно: Si = 70-75 и 58-65 %; Zr = 2,2-3,0 и 4,5-6,5 %; Mn = 0 и 4-6 %; Ca = 0,8 и 1,0 %; Al = 1,2 % (max в обоих модификаторах); Fe – остальное.

Исследовалось структурообразование чугуна под влиянием указанных модификаторов, проводилось его сопоставление с немодифицированным чугуном; образованные при модифицировании фазы определялись с помощью микронзондового спектрального анализа. Преобладающей фазой при модифицировании FeSiZr является $ZrSi_2$ и сложный силицид $(Fe, Zr)_5Si_3$. Последний образуется из соединения $Fe_xSi_4Al_2$ и FeSi, алюминия. В структуре наблюдались преимущественно кристаллы кремния, выделяющиеся и растущие, в первую очередь, кальций в растворе; соединение Ca_2Si , а также гетерогенная структура бинарной эвтектики $(CaSi_2+Si)$, затвердевшей в последнюю очередь. Повышенное содержание марганца приводит к образованию дополнительных новых фаз. Структура чугуна, модифицированного FeSiMnZr, при исследовании по обычным микроскопом аналогична многофазной структуре, получаемой при модифицировании тройным модификатором. В то же время зондовый микроанализ показал наличие дополнительно Mn_2Zr и матрицы $(Fe, Mn)Si_2$, и соответственно, $FeSi_2$, а также бинарной фазы $Mn_2Zr+(Fe, Mn)Si_2$ или тройной фазы $Mn_2Zr+(Fe, Mn)Si_2+FeSiAl$.

Характер изменения температурных кривых, полученных в результате дифференциально-термического анализа, подтверждает наличие основных фаз, выявленных при микроструктурном анализе. Отклонения на кривых термограммы свидетельствуют о присутствии в структуре чугуна таких фаз, как Ca_2Si , $FeSi_2+Si$, $(Fe, Zr)_5Si_3$ и Zr_2Si_2+Si . В чугунах, обработанных FeSiMnZr, присутствуют фазы Ca_2Si , Mn_2Zr , $FeSi_2+Si$ одновременно с комплексным соединением $(Fe, Mn)Si_2$. Сопоставление характера кривых термограммы для обоих модификаторов показывает, что температурный диапазон взаимодействия FeSiZr с расплавом составляет 1105-1540 °C, FeSiMnZr – 1105-1290 °C, при этом последний быстрее взаимодействует с расплавом и при более низких температурах, что объясняется различным видом связи циркония в модификаторах. Например, в FeSiMnZr цирконий всегда связан с марганцем в виде Mn_2Zr , в то время как в FeSiZr – в виде $ZrSi_2$ или в виде силицида $(Fe, Zr)_5Si_3$, для растворения которого требуется более высокая температура расплава. Отсюда вытекает, что применение FeSiZr менее целесообразно из-за захолаживания чугуна при модифицировании, это подтверждается также кривыми охлаждения серого чугуна, обработанного данным модификатором. В то же время анализ кривых охлаждения серого чугуна, обработанного обоими модификаторами показывает, что модифицирование значительно снижает переохлаждение, необходимое для зарождения и роста кристаллов. Так, в чугуне со степенью эвтектичности $S_c=0,8$ и модифицированного 0,6 % FeSi, FeSiZr или FeSiMnZr не было обнаружено переохлаждения, время сохранения эффекта модифицирования практически не изменилось. На основании анализа кривых охлаждения сделан вывод о том, что модифицирование не влияет на выделение графита переохлаждения или пластинчатого графита, т.е. графитовый скелет в малоразветвленной форме растет в эвтектическом зерне.

Исследование процесса взаимодействия расплава (для чугуна с $S_c=0,8$) с модификаторами первого и второго видов показало, что он зависит от условий контакта между ними. Модификатор вносился в жидкий металл ковша в фарфоровом тигле, изучалось распределение элементов и фаз в модифицированной, реакционной и не модифицированной зонах. Было установлено, что в реакционной зоне на расстоянии до 500 мкм от тигля содержание кремния для обоих видов модификаторов резко падает (примерно в 2 раза), затем на расстоянии до 3000 мкм уменьшается постепенно. Распределение циркония происходило иначе: для модификатора FeSiMnZr содержание его в зоне на расстоянии до 1000 мкм от тигля колеблется в широких пределах (в 3 раза), в зоне на расстоянии до 3000 мкм практически остается постоянным на нижнем уровне. Влияние воздействия циркония на образование отдельных фаз и структур оценивалось также теоретически, на основе термодинамических данных,

которые показывают, что при 1400 °С энтальпия образования соединений ZrO_2 , ZrN , ZrS_2 и ZrC составляет соответственно -784; -418; -404; -180 кДж/моль.

Несмотря на проведенные исследования, влияние циркония на зародышеобразование и характер кристаллизации полностью еще не выяснено, однако общий вывод заключается в том, что обработка чугунов рассмотренными модификаторами является благоприятной с точки зрения улучшения структуры чугунов и повышения уровня их механических свойств.

УДК 621.74

Выбор типа конструкции прибылей

Студенты гр. 104312 Базылев Н.В., Буйневич Ф.А.
Научный руководитель – Скворцов В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На отливках, как правило, устанавливают прибыли прямого действия. При этом предпочтительнее закрытые прибыли, работающие под атмосферным давлением. Прибыли прямого действия при прочих равных условиях питают отливку под большим металлостатическим напором. Закрытые прибыли более технологичны при формовке и имеют меньшие потери тепла через верхнюю поверхность, чем открытые. Такие прибыли всегда заполнены жидким металлом одинаково, независимо от условий заливки. Использование атмосферного давления в работе прибыли является наиболее дешевым и эффективным способом увеличения движущей силы питания.

Открытые прибыли необходимо применять при изготовлении крупных отливок, когда предусматривается доливка жидкого металла в прибыль после заполнения формы или засыпка поверхности расплава в прибыли экзотермическими смесями. Кроме того, такие прибыли используют при недостаточной высоте опоки.

Отводные прибыли, которые сочленяются с тепловыми узлами отливок через горизонтальные или наклонные шейки, следует применять в случае, если установка верхних прибылей прямого действия на питаемых частях отливок невозможна. Они предпочтительнее в качестве групповых, когда одна отводная прибыль обеспечивает питание нескольких отливок или тепловых центров.

Прибыли, работающие под газовым давлением, которое обеспечивается специальным горизонтальным патроном, применяют при изготовлении мелких и средних отливок, подвергаемых гидравлическим испытаниям. Их также используют при необходимости питания отливок со стенками большой протяженности, поскольку обеспечивают увеличение дистанции действия прибыли в 1,5 раза.

Закрытые прибыли, работающие под воздушным давлением, которое осуществляется с помощью передачи его через керамическую вставку от компрессора, применяются при изготовлении крупных ответственных отливок. Действие избыточного воздушного давления увеличивает радиус действия прибыли в два раза и позволяет получать отливки с минимальной пористостью.

Легкоотделяемые прибыли применяют при изготовлении отливок из высоколегированных сталей, плохо поддающихся огневой резке. Их также применяют при вынужденной установке прибылей на необрабатываемых поверхностях отливок.

Обогреваемые и теплоизолированные прибыли рекомендуется применять при большом расходе металла на питание отливок и обусловленном этим низким выходе годного литья. Их применение экономически выгодно при производстве отливок из легированных сталей. За счет использования вкладышей из экзотермических смесей удается снизить расход металла на прибыли в 2 – 4 раза и увеличить выход годного при стальном литье с 50-65 до

75-85%. Прибыли диаметром до 400 мм рациональнее выполнять обогреваемыми, а для больших размеров – теплоизолированными.

Самой выгодной формой прибыли является цилиндрическая. Поэтому такие прибыли используют чаще всего, устанавливая на отливках типа шара, цилиндра (расположенного вертикально), плиты (расположенной горизонтально), колеса, диски и т.п. При этом открытые прибыли выполняют с сужением профиля к поверхности отливки, а закрытые – имеют обратную конусность.

Широкое применение получили также призматические прибыли. Прибыли в виде плоской призмы устанавливают на отливки типа плиты (расположенной вертикально), бруса. Прибыли в виде квадратной призмы размещают на отливках, имеющих конфигурацию куба. Прибыли в виде овальной призмы выполняют на отливках типа плиты (расположенной горизонтально) и бруса. Прибыли в виде чечевицеобразной или кольцевой призмы устанавливают соответственно на отливках типа колес или полых цилиндров (расположенных вертикально). Закрытые прибыли, как правило, выполняют не с плоской, а с закругленной верхней поверхностью.

Прибыли, по возможности, устанавливаются на верхних поверхностях отливок, подвергающихся дальнейшей механической обработке.

При наличии у отливок явных тепловых узлов последние и служат местами установки прибылей. Причем количество устанавливаемых прибылей совпадает с количеством тепловых узлов. Число их может быть сокращено за счет применения холодильников.

Отливки типа плит, брусьев, колес и втулок не имеют явных тепловых центров, поэтому количество прибылей определяют, исходя из минимально необходимого их количества с учетом зоны действия прибыли, влияние на нее торцевого эффекта, холодильника.

В таблице 1 приведены расчетные формулы для определения радиуса действия прибыли (r_{np}) и длины торцевой зоны (L_{np}).

Таблица 1 – Расчетные формулы для определения L_{np} и r_{np}

Схема расположения прибылей	Углеродистые сплавы	Алюминиевые сплавы	Латуни	Алюминиевые бронзы
	Отливка типа плита			
	$L_{np} = (4,5 - 6,5)\delta_0$ $2r_{np} = (4 - 6)\delta_0$	$L_{np} = (5,5 - 6,5)\delta_0$ $2r_{np} = (5 - 6)\delta_0$		$L_{np} \leq 4\delta_0$
	Отливка типа брус			
	$L_{np} = (40 - 44)\sqrt{D}$ $2r_{np} = (2 - 2,8)\delta_0$	$L_{np} \leq 6,8\delta_0$	$L_{np} \leq 1,8D$	
	Отливка типа плита			
	$L_{np} = (3,0 - 5,0)\delta_0$			
	Отливка типа брус			
	$L_{np} = (40 - 44)\sqrt{\delta_0}$			
	Отливка типа плита			
	$L_{np} = (4,0 - 6,5)\delta_0$			
1 – отливка, 2 – прибыль, 3 – наружный холодильник, 4 – внутренний холодильник				

Таким образом, правильный выбор типа и размеров устанавливаемых прибылей позволяют полностью перекрыть зоны их действия, что позволит получить отливки без образования усадочных дефектов при использовании минимального количества дополнительного металла.

УДК 621.745.

Литейные свойства чугуна с вермикулярной формой графита

Студент гр. 104310 Севостьяничук Д.В.
Научный руководитель – Соболев В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Качество литых чугунных деталей зависит не только от механических, но в значительной степени и от литейных (технологических) свойств чугуна. Механические свойства, определяемые на специальных образцах, могут быть достигнуты в реальных отливках только в том случае, если технология их изготовления основана на учете хорошо изученных особенностей литейных свойств сплава.

Литейные свойства оказывают существенное влияние на заполняемость формы, которая в свою очередь обеспечивает получение тонкостенных деталей сложной конфигурации, и определяют возможность получения отливок без усадочных раковин, неметаллических включений, трещин и других литейных дефектов и с определенной размерной точностью.

Основным свойством, характеризующим способность сплава заполнять литейную форму и получать соответствующую ей четкую конфигурацию отливки, является жидкотекучесть.

Для ЧВГ оптимального состава с углеродным эквивалентом $C_{\text{э}}=4,3\pm 4,5\%$ определяли жидкотекучесть путем заливки металла с различной температурой (1543 – 1663К) под постоянным гидростатическим давлением в жидкостекольную форму, имеющую канал в виде спирали сечением размером 50 мм и длиной 1500 мм.

Результаты экспериментов показывают, что данный чугун имеет хорошую жидкотекучесть, которая возрастает с повышением температуры заливки и по своим значениям практически не отличается от жидкотекучести чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом. Это позволяет в промышленных условиях отливать из ЧВГ очень сложные по конфигурации детали с различной толщиной стенки.

Другим, не менее важным литейным свойством чугуна является усадка, которая определяет его склонность к образованию усадочных дефектов в отливках.

Известно, что серый чугун имеет небольшую склонность к образованию усадочных раковин. Это объясняется тем, что на выделение графита при эвтектической кристаллизации, сопровождающееся увеличением объема, способствует уменьшению усадочной раковины, а иногда и полному ее устранению. В белом чугуне в процессе кристаллизации графит вообще не выделяется, поэтому в отливках образуются усадочные раковины и усадочная пористость значительного объема (10-12%). В отличие от серого ЧПГ высокопрочный ЧШГ, несмотря на выделение графита в процессе кристаллизации, обладает большой склонностью к образованию усадочных раковин.

Одни исследователи объясняют это тем, что процесс выделения графита в высокопрочном ЧШГ происходит частично до эвтектической кристаллизации, в период, когда формирование усадочной раковины еще не началось, а также частично в твердом состоянии, когда процесс усадочной раковины уже закончился. Поэтому некоторый рост графита в период эвтектической кристаллизации не может полностью компенсировать усадку чугуна. Другие авторы считают, что повышенная склонность ЧШГ к образованию усадочных дефектов вызвана большой величиной его предусадочного расширения.

Благодаря последнему отливки из ЧШГ при охлаждении в форме увеличивают свои размеры, что приводит к увеличению объема залитой формы и, как следствие, к возрастанию дефицита питания, в результате чего образуются усадочные дефекты значительно больших размеров, чем в сером чугуна. Такое предположение подтверждается экспериментальными данными, свидетельствующими о снижении объема усадочной раковины, в отливках при использовании малоподатливых литейных форм, препятствующих появлению предусадочного расширения чугуна.

К вышеупомянутым причинам, вызывающим усадку ЧШГ, необходимо добавить следующее. В процессе кристаллизации этого чугуна, в отличие от серого, выделяющиеся в шаровидной форме включения графита, ввиду своего минимального объема (при одинаковом количестве выделившегося графита шаровидные включения имеют наименьший объем), в значительно меньшей степени компенсирует усадку металла в твердо-жидком состоянии, т.е. в процессе эвтектической кристаллизации. Кроме того, выделение графита при эвтектической кристаллизации в ЧШГ происходит в условиях переохлаждения, т.е. при более низких температурах, когда уже сформировавшийся прочный скелет дендритов аустенита препятствует расширению и компенсации возникающих усадочных дефектов. При этом основной рост большинства глобулей происходит в оболочке аустенита, которая также в известной степени препятствует увеличению объема за счет выделения графита, в результате чего лишь только частично компенсируется объем образующейся усадочной раковины.

Результаты исследований в зависимости объема концентрированной усадочной раковины от степени сфероидизации графита показывают, что объем усадочной раковины у ЧВГ с ростом количества шаровидных включений до 30% изменяется незначительно и составляет 2-3%. С последующим увеличением доли шаровидного графита (ШГ) концентрированная усадочная раковина достигает величины, характерной для ЧШГ (5-7%).

Установлено также, что у ЧВГ в зависимости от химического состава и степени сфероидизации графита (до 30% шаровидного), объем концентрированной усадочной раковины изменяется в пределах 1-4% и, как и для ЧПГ, имеет тенденцию к уменьшению с увеличением степени эвтектичности чугуна.

Эти особенности образования усадочных дефектов в отливках из ЧВГ помогают объяснить результаты исследования кинетики протекания литейной усадки во времени и ее изменение в зависимости от температуры.

Кинетику изменения свободной усадки ЧВГ изучали на специальном приборе при отливке образца $\varnothing 20 \times 200$ мм с одновременной автоматической записью кривой протекания усадки и температурной кривой охлаждения образца. Последующий совместный анализ этих кривых позволяет установить температурную зависимость усадки во времени.

В таблице 1 приведены данные о величине линейной усадки для чугунов с различной формой графита.

Таблица 1 – Величина линейной усадки для чугунов с различной формой графита

Форма графита	$C_3 = C+I/Si, \%$	$\sigma_v, \text{кгс/мм}^2$	Этапы линейной усадки, %				Линейная усадка, % $\epsilon_{\text{лин}}$
			предусадочное расширение, $\epsilon_{\text{яр}}$	доперлитная усадка, $\epsilon_{\text{дп}}$	расширение при перлитном превращении, $\epsilon_{\gamma \rightarrow \alpha}$	последперлитная усадка, $\epsilon_{\text{пп}}$	
Пластинчатая	3,85	33,4	0,13	0,33	0,00	0,93	1,31
Вермикулярная	4,59	38,6	0,30	0,36	0,03	1,03	1,06
Вермикулярная	3,75	48,0	0,24	0,46	0,00	0,96	1,18
Шаровидная	4,41	-	0,60	0,40	0,05	1,05	0,80
Шаровидная	3,82	-	0,43	0,48	0,03	0,97	1,02

Анализ данных показал, что у ЧВГ, как и у ЧПГ и ЧШГ, протекание линейной усадки ($\epsilon_{\text{лин}}$) складывается из следующих основных этапов: предусадочного расширения ($\epsilon_{\text{пр}}$), доперлитный ($\epsilon_{\text{дп}}$) и послеперлитный ($\epsilon_{\text{пп}}$) и расширения при перлитном превращении ($\epsilon_{\gamma \rightarrow \alpha}$). При этом по абсолютной величине отдельные этапы линейной усадки ЧВГ несколько отличаются от ЧПГ и ЧШГ. Прежде всего, это относится к величине предусадочного расширения. Абсолютная величина предусадочного расширения ЧВГ несколько больше, чем у ЧПГ, но почти в два раза меньше, чем у ЧШГ. При этом для чугунов с различной формой графита характерна закономерность: с уменьшением степени их эвтектичности уменьшается предусадочное расширение и увеличивается линейная усадка.

Также можно отметить, что предусадочное расширение у ЧВГ, как и у ЧПГ, происходит в основном при эвтектической кристаллизации, в то время как у ЧШГ оно начинается выше температуры эвтектической кристаллизации и заканчивается в твердом состоянии. Такая разница в величине и времени проявления предусадочного расширения у чугунов с вермикулярным и шаровидным графитом, по-видимому, и объясняет их различие в склонности к образованию усадочных дефектов.

Малая по сравнению с высокопрочным чугуном величина предусадочного расширения ЧВГ в первый момент кристаллизации обуславливает сохранение первоначальных размеров отливки и литейной формы, что способствует сокращению объема усадочной раковины за счет меньшего при этих условиях дефицита жидкого металла для питания отливки. Кроме того, выделение основной массы достаточно разветвленных вермикулярных включений графита в период эвтектической кристаллизации также способствует более полной компенсации усадки чугуна в жидко-твердом состоянии. В результате этого ЧВГ имеет более низкую склонность к образованию усадочных дефектов, чем ЧШГ, и незначительно отличается по этому показателю от ЧПГ.

Таким образом, ЧВГ обладает высокими литейными свойствами и может широко применяться вместо ЧПГ, а также успешно использоваться в некоторых случаях вместо ЧШГ при получении сложных фасонных отливок, в которых трудно, а порой и невозможно предотвратить образование усадочных дефектов. При такой замене наряду с повышением теплотехнических характеристик обеспечиваются более высокая плотность кристаллизующегося металла и конструктивная прочность детали в целом, что в значительной степени компенсирует некоторое снижение прочностных свойств ЧВГ по сравнению с отдельными марками высокопрочного ЧШГ.

УДК 621.745.

Литье в песчано-глинистые формы магниевых сплавов

Студент гр. 104310 Петровец С.В.
Научный руководитель – Чичко А.Н.,
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Особенности литья магния и его сплавов определяется возможностью их самовоспламенения при температурах на 10-20 °С, превосходящих их температуру плавления, равную 680 °С для чистого магния и около 650 °С – для его сплавов, что требует применения при плавке специальных защитных атмосфер или флюсов.

Стандарт NF П 57-704 (Франция) регламентирует марки магниевых сплавов, их обозначение и свойства. Стандарт включает сплавы на основе системы Mg–Al–Zn: G-A8Z, G-A9Z, G-A6Z3, и сплавы, содержащие цирконий: G-Z5Zr, G-Z4TRZr, G-TR3Z2Zr, G-Z6Th2Zr, G-Zr, G-Th3Z2Zr, G-Ag3TR2Zr (TR – обозначение PM3).

Основные легирующие элементы магниевых сплавов: алюминий – растворим в магнии, измельчает зерно сплавов, улучшает жидкотекучесть; цинк – используется в ограничен-

ных количествах, растворим в магнии, улучшает литейные свойства сплавов; марганец – растворим в магнии, в небольшом количестве (при содержании около 0,3%) увеличивает сопротивление коррозии; цирконий, вводимый в небольших количествах (0,7%), измельчает зерно и обеспечивает высокие механические свойства после термической обработки; РЗМ – церий, торий, мишметалл – повышают сопротивление ползучести при 200-300 °С; медь – очень мало растворима в магнии, повышает тепло- и электропроводность сплавов, но снижает сопротивление коррозии. Кремний и сурьма – вредные примеси, даже в небольших количествах снижают механические свойства сплава.

Для плавки Mg-сплавов применяются каменные печи, электропечи сопротивления, индукционные со съёмными литыми или сварными стальными тиглями. Не рекомендуется использовать поворотные печи.

Для обеспечения безопасности при плавке необходимо выполнять наружную изоляцию печи из материала, не содержащего кремний (магнезит, доломит, графит); тигли снаружи алитировать или покрывать электролитически; периодически контролировать толщину тигля и при потере 50% толщины его заменять; при работе не допускать опорожнения тигля, компенсировать отбор расплава, добавляя равноценное количество свежей шихты. Плавка магниевых сплавов проводится позащитным флюсом, который должен препятствовать окислению сплава во время плавки, очищать металл, позволять вводить легирующие компоненты.

Марганец вводится в сплав в виде состава на основе хлорида марганца с калием, барием и фторидом кальция; цирконий – на основе хлорида калия и циркония или хлорида калия, двойного фторида калия и циркония, можно вводить цирконий в виде лигатуры Mg-Zr.

Для получения мелкого зерна в отливках из магниевых сплавов рекомендуется сплав перегреть до 900 °С, выдерживать при этой температуре 10 мин, затем быстро охлаждать до температуры заливки и вводить в ванну таблетки из гексахлорбензена, гексахлорэтана, выполняющих роль центров кристаллизации.

Перед литьем проводится дегазация сплава продувкой хлора, при разливке не следует перемешивать расплав, избегая увлечения флюса. В ковш и на струю металла посыпают немного серы или борной кислоты, чтобы создать вокруг металла защитную атмосферу.

Магниевые сплавы обладают низкой плотностью и для изготовления формовочных смесей выбирается хорошо смачиваемый песок с величиной зерна 60-90 по AFS. Ограничивается степень уплотнения смесей и предусматриваются многочисленные венты.

Формы из песчано-глинистых смесей для литья магниевых сплавов должны тщательно высушиваться при 450 °С до удаления воды из глинистой составляющей. Чаще используются синтетические смеси на основе силикатов – CO₂, фурановых смол. Во все смеси вводятся ингибиторы – сера и борная кислота.

Перед литьем формы желательно обогреть горелками. Обогрев особенно необходим, если в формах установлены холодильники.

Холодильники изготавливаются, в основном, из чугуна. Перед каждым использованием они очищаются наждачной бумагой, покрываются графитом, взвешенном в спирте, тальком или мелом. В обмазку добавляют немного силиката натрия и борной кислоты.

Отливки из магниевых сплавов требуют использования очень крупных прибылей. При анализе формы деталей для определения зон последней кристаллизации, а также при определении размеров прибылей для магниевых сплавов берется отношение H/D, равное 2,5-3. Эффективность прибылей может быть усилена при использовании теплоизолирующих или экзотермических втулок.

Стояк выполняется или обычной цилиндрическо-конической формы или пластинчатой; в литниковой системе необходимо применять сетчатые фильтры или высушенную железную окалину. Они располагаются в основании стояка в каждом из каналов литниковой системы.

Сплавы типа G-A6Z3 после литья просто стабилизируются, другие – типа G-A9Z – подвергаются смягчающему отжигу, закалке в воде или на воздухе, естественному старению или отпуску.

УДК 621.745.

Применение фильтровальных сеток при литье чугуна

Студент гр. 104310 Овчинников И.П.
Научный руководитель – Соболев В.Ф.,
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время при производстве отливок из серого и высокопрочного чугунов с шаровидным графитом применяют фильтровальные сетки из материала трех видов: керамики, стеклоткани или вспененной керамики. При этом, сетки из стеклоткани, используемые с целью улучшения технологичности при простановке в литейные формы, для придания им жесткости могут быть пропитаны синтетическими смолами. Дальнейшее увеличение жесткости сеток, пропитанных смолами, может быть достигнуто прокаливанием их при температуре 250-300 °С в муфельных печах.

Помимо основного назначения – предотвращать возможность попадания в тело инородных включений – фильтровальная сетка является своего рода дросселем, обеспечивающим «спокойный» вход металла без размывов формы и захвата металлом газов из атмосферы полости формы в процессе заливки. Кроме того, сетки могут попутно облегчать удаление литников и питающих бобышек от отливок. Поэтому при разработке технологического процесса производства отливок положение сеток в форме определяется с учетом вышеуказанных возможностей сеток. Отмечается, что при изготовлении фильтровальных сеток из керамики наиболее пригодно пористая керамика, а не глазурованная.

Установлено также, что при производстве отливок из серого и высокопрочного чугунов наиболее эффективными являются керамические сетки с диаметрами отверстий 3 мм при минимально возможном расстоянии между соседними отверстиями. В настоящее время керамические фильтровальные сетки изготавливаются с расстоянием между соседними отверстиями, равными 1,5 мм; изыскиваются пути получения сеток с меньшими расстояниями. Малые диаметры отверстий сеток при минимальном расстоянии между ними обеспечивают более спокойное заполнение полости формы без значительного увеличения длительности заливки. Уменьшение расстояния между соседними отверстиями способствует снижению трения металла об сетку, а следовательно, и сокращению продолжительности заливки в форме. Керамические фильтровальные сетки обеспечивают отделение инородных частиц от металла в основном за счет торможения металла при заливке, в результате более легкие инородные частицы успевают всплывать в литниковой системе не попадая в тело отливки.

Используемые при производстве чугунных отливок сетки из стеклоткани («фирам»-процесс) имеют размер отверстий 1,5x1,5 мм, однако эти размеры под давлением металла в процессе заливки нарушаются. В отличие от фильтровальных сетки из стеклоткани не тормозят поток металла, поэтому всплывание инородных частиц в литниковой системе не наблюдается: отделение от металла этих частиц идет за счет отфильтрования самой сеткой. При определении размеров фильтровальной сетки необходимо учитывать то, что часть ее забивается в процессе заливки отфильтрованными инородными частицами. Размеры сеток принято выбирать в зависимости от размеров стояка.

Площадь сетки, контактирующей с жидким металлом, для серого чугуна равна 4-кратной суммарной площади поперечного сечения питателей, а для высокопрочного чугуна – 8-кратной площади поперечного сечения питателей. Указывается, что для крупных отливок, при заливке которых расход металла составляет 20 кг/с и выше, не рекомендуется применять

сетки из стеклоткани, так как они разрываются. Отмечается, что производство отливок «фирам»-процессом наряду с предупреждением образований инородных включений в отливках повышает их прочность и твердость. Прочность на разрыв серого чугуна на стандартных литых образцах повышалась с 230-260 до 246-280 МПа, т.е. в среднем на 5-7%, а твердость – с НВ 179+196 до НВ 187+207, т.е. в среднем на 7%. При этом разницы в микроструктуре образцов, отлитых без фильтровальной сетки и с сеткой из стеклоткани, как по включениям графита, так и металлической матрицы, не обнаружено.

Фильтровальные сетки из вспененной керамики представляют собой пористые блоки толщиной 25 мм из смеси полиуретана и керамики, в основном окиси алюминия.

Каждый из рассмотренных типов фильтровальных сеток имеет преимущество и недостатки. Целесообразность использования их в производстве определяется в каждом конкретном случае с самими производителями.

УДК 621.745.669.13

Особенности регенерации холоднотвердеющих смесей

Студент гр. 104310 Макаренко С.А.

Научный руководитель – Соболев В.Ф.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

С развитием холоднотвердеющих смесей регенерация их приобретает все большее значение. Выбор способа регенерации зависит от используемой системы связующих. Стоимость системы мокрой регенерации составляет 40 – 50 тыс. дол. на 1 т регенерата в 1 ч при стоимости эксплуатационных расходов 5 – 10 дол./ч. Обычно это установки низкой производительности – от 2 до 5 т/ч. Для сушки регенерата требуются дополнительные затраты энергии, расход воды около 750 л на 1 т смеси. До развития сухой регенерации существовало несколько установок мокрой регенерации для смесей с органическими связующими. Но этот способ для песчано-смоляных смесей не эффективен, так как пленки связующего не растворимы в воде.

Термическая регенерация благоприятна влияет на свойства кварцевого песка, не минимизируя его расширения, недостатком этого способа является большие затраты электроэнергии или топлива, так как обработка смеси проводится при 650-1000 °С. Стоимость установки термической регенерации производительность около 5 т/ч составляет 1 млн. долларов; эксплуатационные расходы – 10-15 дол./1 т в зависимости от цен на топливо.

Основные агрегатами в системе сухой регенерации являются: сито, щековая дробилка, пневмоскруббер, установка для оттирки пленок связующего, вибросито, дробеструйная камера, установка кипящего слоя. Перед поступлением смеси в регенерационную установку производится отделение мелких фракция и крупных кусков, металлическим и других посторонних включений. Сухая регенерация является наиболее пригодной для холоднотвердеющих смесей на основе синтетических смол. Стоимость установок около 10 тыс. долларов на 1 т смеси/ч. Производительность – от 3 до 30 т/ч.

Содержание смолы в смеси в значительной мере влияет на процесс сухой регенерации. При минимальном содержании смолы достигается более эффективная очистка зерен при меньших затратах. Важным является также отношение смесь/металл: чем это отношение меньше, тем большее количество смолы выгорает при заливке, тем легче регенерировать смесь. Обычно полная деструкция смолы происходит на расстоянии около 50 мм от поверхности отливки. Оптимальным считают отношение смесь/металл 2,7:1.

Высокая температура заливки, сплавы с медленным затвердеванием, большая толщина стенок отливки и низкое отношение смесь/металл – все эти факторы способствуют деструкции смоляных связующих и улучшают условия регенерации. Лучшей регенерируемо-

стью обладают смеси на песке с округлой формой зерен, потребность этих смесей в связующем также ниже. В таблице 1 представлены данные о величине удельной поверхности и количестве зерен для различных фракций песка, используемого для холоднотвердеющих смесей.

Таблица 1 – Данные о величине удельной поверхности и количестве зерен для различных фракций песка

№№ сит	Удельная поверхность, см ² /г	Количество зерен на 1 г песка, млн.
12/20	32,39	0,25
20/30	45,72	0,7
30/40	84,58	1,5
40/50	91,43	4,4
50/70	128,95	12
70/100	182,45	35
100/140	258,92	100
200/270	365,93	280
270/тазик	475,6	630

При увеличении в смеси количества мелких фракций снижается газопроницаемость, повышается расход смолы и потери при прокаливании.

Наиболее распространенными добавками в смеси для повышения термостойкости являются окись железа, каолинистая глина, циркон, оливиновая мука, которые также повышают расход смол в смесях.

Для выяснения влияния природы связующего на регенерируемость смеси предложена классификация смесей по принципу химической характеристики:

1. Кислотноотверждаемые фурановые и фенольные.
2. Феноло-уретановые (с продувкой газообразным катализатором и быстроотверждаемые с введением катализатора в смесь).
3. Масляно-уретановые (алкидно-изоцианатные).
4. Неорганические (силикаты и алюмофосфаты).

Регенерируемость сухим методом 1-ой группы связующих зависит прежде всего от количества смол в смесях и от количества смол, выгорающих при заливке. Фурановые и фенольные смолы достаточно термостойки, причем фенольные более термостойки и поэтому должны были бы труднее поддаваться регенерации. Но, в то же время, пленки отвержденных фенольных смол более хрупки, что облегчает их удаление.

Связующие фенольно-уретановой системы применяются с растворителями и имеют очень низкую вязкость. Учитывая удаление растворителя и низкое содержание связующих в смеси, на зернах песка остается лишь небольшое количество связующих. Пленка хрупкая, что облегчает ее удаление. Регенерируемость этого типа смесей хорошая.

Масляно-уретановые смеси после выбивки имеют комковатую структуру. Алкидная смола, входящая в состав системы, на воздухе твердеет медленно, но при воздействии тепла металла при заливке приобретает дополнительную прочность, что и объясняет комковатость смеси после выбивки форм. Дальнейшее воздействие температуры приводит к выгоранию связующего. В зоне температур 180-340 °С выгорание связующего происходит интенсивно.

Связующие 4-ой группы – неорганические. Силикаты с трудом поддаются сухой или термической регенерации. Более эффективный способ регенерации силикатных смесей – мокрый. Но при этом в регенераторе накапливается сода, которая изменяет модуль силиката и свойства смесей. При накоплении соды выше 5:5 живучесть смесей настолько мала, что их практически нельзя использовать. Поэтому в смесь приходится вводить значительное количество свежего песка (до 50%). Сухая регенерация силикатных смесей практически не используется, так как при воздействии температуры заливки пленка силикатного связующего полностью дегидратируется и остекловывается. После охлаждения покрытия прочно удерживается.

живаются на зернах песка. При литье алюминиевых сплавов, где температура заливки ниже, покрытия менее прочные. В некоторых случаях при изготовлении толстостенных отливок из стали и чугуна и низком отношении смесь/металл возможно сухая регенерация силикатных смесей. Существуют добавки, улучшающие наряду с выбиваемостью, регенерируемость, но они ухудшают другие свойства смесей и стержней, например, сокращают время возможного хранения стержней.

Разработанные в последнее время смеси на другой системе неорганических связующих – алюмофосфатной, еще мало исследованы, но существующий опыт говорит об их хорошей выбиваемости и регенерируемости.

Большое значение имеет совместимость регенерата с другими связующими. В таблице 2 представлены данные по совместимости регенерата от различных смесей с другими системами связующих.

Таблица 2– Данные по совместимости регенерата от различных смесей с другими системами связующих

Новая система связующих	Тип связующего регенерируемой смеси					
	масляно-уритановая	феноло-уритановая	фурановая	фенольная	эфирно-твердеющая силикатная	алюмо-фосфатная
Масляно-уритановая	С	С	Н	Н	И	С
Фенолоуритановая	С	С	Н	Н	Н	И
Фурановая	И	И	С	С	Н	И
Фенольная	И	И	С	С	Н	И
Силикатная эфирно-твердеющая	С	С	Н	Н	С	И
Алюмо-фосфатная	С	С	И	И	И	С

С – совместимы; Н – несовместимы; И – иногда совместимы (в стадии испытания)

Основным фактором, влияющим на совместимость, является тип катализатора (кислотный или основной). Важным является также количество смолы на зернах песка после регенерации, определяемое потерями при прокаливании. Остаточное количество катализатора в регенерате, а также количество мелких фракций, оказывает влияние на свойства смесей, изготовленных с применением регенерата; количество оставшихся смолы и катализатора в мелких фракциях значительно больше, чем в крупных (таблица 3). Очевидно, что для снижения газовой выделения и потерь при прокаливании мелкие фракции должны быть удалены.

Таблица 3 – Остаточное количество катализатора в регенерате

№№ сит	Потери при прокаливании, %	№№ сит	Потери при прокаливании, %
20	1	100	2,5
30	1	140	3
40	1,25	200	4
50	1,5	270	9
70	2	Тазик	15,5

Проблемы химической несовместимости регенерата от стержневых смесей с формовочными песчано-глинистыми практически не существует ввиду значительного выгорания смол и преобладающего количества формовочных смесей по сравнению со стержневыми.

Добавка регенерата от стержневых смесей может использоваться как освежение в формовочные смеси для сырой формовки.

УДК 621.746

Перспективы использования метода вакуумно-пленочной формовки для получения качественных отливок

Студенты: гр. 10404212 Сасковец А.А., гр. 10404113 Степурко Ю.Н.
Научный руководитель – Соболев В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современное литейное производство Республики Беларусь как составная часть машиностроения находится в постоянном поиске новых решений, способствующих повышению качества литья, снижению его себестоимости за счет снижения энерго- и материалоемкости производства. Разработка новых технологий и оборудования, позволяющего автоматизировать процесс изготовления литейных форм, могут решить проблемы отечественного литейного производства. При этом не только экономического плана, но и экологического.

Наряду с жесткими экономическими требованиями к продукции литейного производства, не менее жесткие требования предъявляются и к экологической ее составляющей.

Технология вакуумно-пленочной формовки (ВПФ), сегодня находит все более широкое применение, как за рубежом, так и у нас в стране. Пример отливки полученной литьем по V-процессу представлен на рисунке 1.

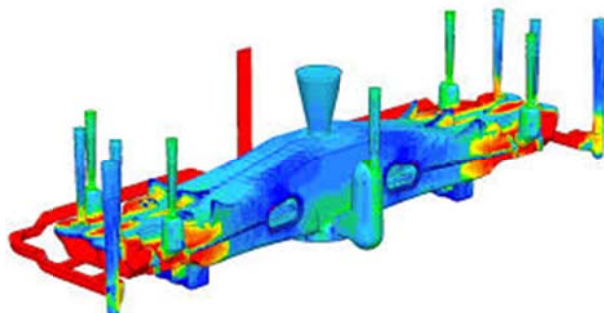


Рисунок 1 – Моделирование температурного поля для отливки получаемой литьем в вакуумно-пленочные формы

Главные отличия технологии вакуум-пленочной формовки от всех известных способов изготовления отливок в разовых песчаных формах заключаются в отсутствии в форме связующего. Прочность формы обеспечивается путем создания разрежения в объеме формовочной смеси за счет применения герметизирующей синтетической пленки.

Пленка при соприкосновении с заливаемым расплавленным металлом не сгорает, а мгновенно испаряется и проникает в песчаную форму, стабилизируя поверхностный слой песка, образуя тонкую оболочку, которая упрочняет поверхностный слой формы.

Основная цель соединительного отверстия – действовать как выпор для воздуха и газов. Если не вывести газы из полости формы, это приведет к образованию газовых дефектов отливки или к разрушению формы.

Для любой технологии изготовления форм недопустимым является нарушение ее размерно-геометрической точности, вследствие каких-либо перемещений ее рабочей поверхности. Нарушение данного условия приводит к отклонению формы реальной поверхности от номинальной.

Оценка напряженного состояния огнеупорного наполнителя вакуум-пленочной формы (ВПФ) важна для установления условий его прочности и определения момента возможных перемещений под действием внешних сил и собственной массы.

УДК 621.74

Методы получения аморфных металлов

Студенка гр. 104310 Шапелевич И.А.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Открытие аморфных металлов внесло большой вклад в науку о металлах, существенно расширив возможности их применения. Аморфными металлическими стеклами называют металлы и сплавы с беспорядочным расположением атомов. Формирование аморфной структуры металлов и сплавов приводит к фундаментальным изменениям магнитных, электрических, механических и других свойств.

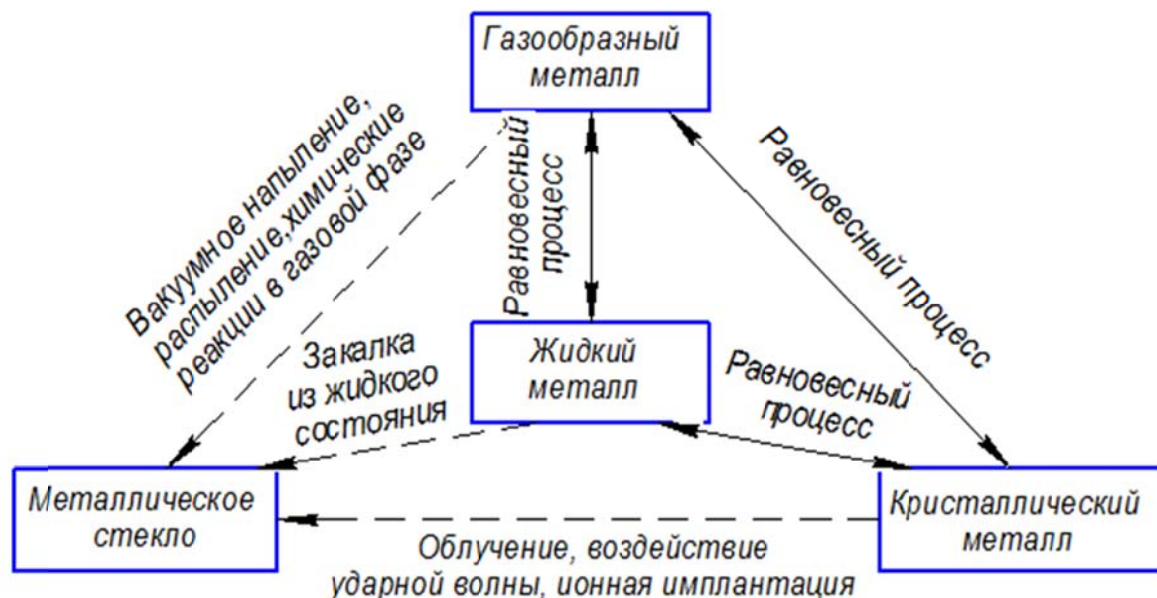


Рисунок 1 – Методы получения аморфных металлов

Получение аморфного состояния связано с неравновесными процессами. Эти изменения состояния металлов даны на рисунке штриховыми стрелками. Таким образом методы получения аморфных структур могут быть отнесены к одной из групп:

- 1 – осаждение металла из газовой фазы (вакуумное напыление, распыление и химические реакции в газовой фазе);
- 2 – затвердевание жидкого металла (закалка из жидкого состояния);
- 3 – введение дефектов в металлический кристалл (облучение, воздействие ударной волны, ионная имплантация).

Использование этих методов позволяет получать ленту различной ширины и толщины, проволоку и порошки.

Наиболее эффективным способом промышленного производства аморфной ленты является закалка из жидкого состояния, имеющая несколько разновидностей:

- Закалка из расплава (метод молота и наковальни, метод выстреливания);
- Закалка на диске;

- Распыление расплава вращающимся диском;
- Вытягивание волокон из вращающегося барабана;
- Вытягивания расплава в стеклянном капилляре (метод Тейлора).

Наиболее часто на практике используются два метода: в первом жидкий металл наносят на внешнюю цилиндрическую поверхность вращающегося диска (колеса), во втором расплав извлекается вращающимся диском. Обод металлического диска изготавливают из материала, обладающего хорошей теплопроводностью (медь, бронза, латунь).

Во всех установках для закалки из жидкого состояния металл быстро затвердевает, растекаясь тонким слоем по поверхности вращающегося диска (холодильника). При постоянстве состава сплава скорость охлаждения (критическая скорость охлаждения для разных аморфных сплавов составляет от 10^2 до 10^{10} К/с.) зависит от толщины расплава и характеристик вращающегося диска. Толщина расплава на диске определяется скоростью его вращения и скоростью истечения расплава, то есть зависит от диаметра сопла и давления газа на расплав. Большое значение имеет правильный выбор угла подачи расплава на диск, позволяющий увеличить длительность контакта металла с холодильником. Скорость охлаждения зависит также от свойств самого расплава: теплопроводности, теплоемкости, вязкости, плотности.

Таким образом, максимальная толщина аморфной ленты зависит от критической скорости охлаждения сплава и возможностей установки для закалки. Если скорость охлаждения меньше критической, то аморфизация не произойдет.

УДК 621.746

Численное моделирование процесса заполнения системы литник-отливка при изготовлении отливок вакуумно-пленочным методом

Студенты: гр. 10404212 Воронин Р.И., гр. 10404113 Каменец М.В.
 Научный руководитель – Чичко А.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Для чугунной отливки «Корпус» с вариантом литниково-питающей системы было проведено моделирование динамики заполнения формы расплавленным металлом.

На рисунке 1 представлено схематичное расположение характерных точек, выбранных для исследования зависимостей изменения скоростей и температур.

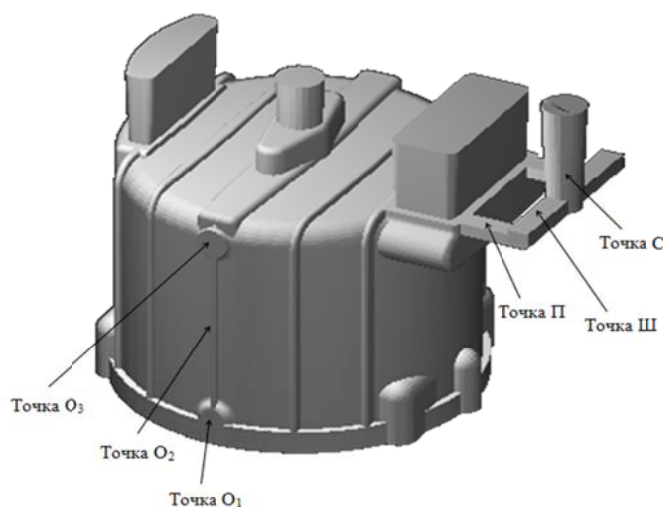


Рисунок 1 – Вариант литниковой системы отливки «Корпус»

На рисунке 2 представлены распределения температур на поверхности отливки «Корпус» для варианта литниковой системы в момент времени 24 секунды после начала заполнения формы расплавом. К моменту заполнения верхней части отливки на ее поверхности различимы участки горячего металла, который поступает через питатели в форму, разогревая ее поверхность.

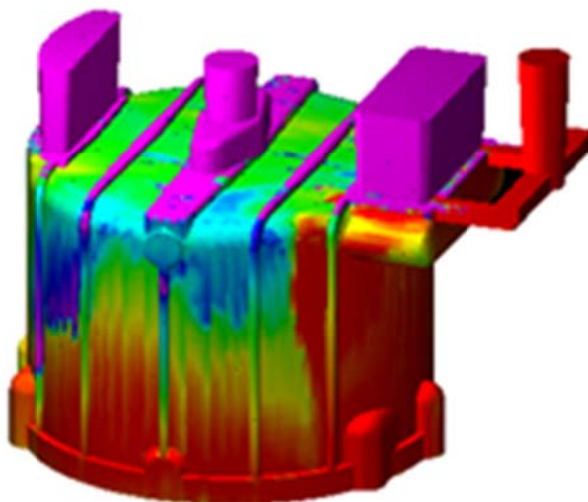


Рисунок 2 – Моделирование распределения температур на поверхности отливки «Корпус» в различные моменты времени

На рисунке 3 представлена зависимость значений скоростей расплава от времени заливки для варианта литниковой системы с чугуновой отливкой «Корпус» в выделенных точках стояка, шлакоуловителя и питателя (рисунок 3). Как видно из рисунка, максимальные скорости потока от 0,60 до 0,65 м/с характерны для питателя, минимальные скорости потока от 0,39 до 0,45 м/с характерны для стояка. После момента времени 26 с происходит снижение скоростей заливки для всех выбранных для исследования точек, что объясняется заполнением части отливки до уровня питателя и последующим снижением статического напора.

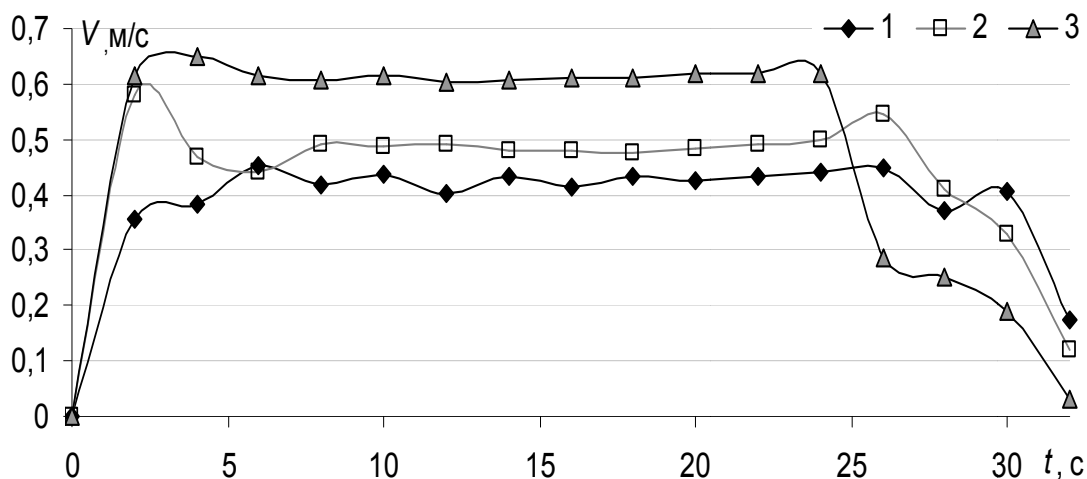


Рисунок 3 – Зависимость значений скоростей расплава от времени заливки для варианта литниковой системы с чугуновой отливкой в выделенных точках (рисунок 1)

Таким образом, проведено моделирование динамики заполнения чугуновой отливки «Корпус» для литниковых систем с учетом специфики вакуумно-пленочных форм для варианта суживающейся литниковой системы с низким гидростатическим напором. Рассмотрено динамика изменения скорости расплава от времени заливки чугуновой отливкой в выделенных точках.

УДК 621.74

Влияние степени деформации и последующего старения на прочность дуралюминов

Студентка гр.104310 Шапелевич И.А.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Еще в 1929 г. профессор Е.Ф.Бахметев и его сотрудники выполнили многие исследования сплавов типа дуралюмин. Интересные результаты по исследованию механических свойств дуралюминов в зависимости от деформирования в процессе старения были опубликованы в трудах ЦАГИ. Впервые было показано, что деформирование этого сплава после закалки влияет на процесс старения и его прочностные характеристики при этом снижаются.

Процесс старения представляет собой выдержку закаленного сплава при температуре, при которой начинается распад пересыщенного твердого раствора или в твердом растворе происходят структурные изменения, являющиеся подготовкой к распаду. Распад твердого раствора приближает структуру сплава к равновесной и является самопроизвольно идущим процессом.

Изменения структуры сплава напрямую связаны с температурой старения. Выдержка сплава в естественных условиях называется естественным старением. Нагрев до определенной температуры (в интервале 100 – 200⁰С), и выдержка (в пределах от нескольких часов до нескольких суток) называется искусственным старением.

По мере повышения температуры или при увеличении времени выдержки при постоянной температуре распад пересыщенного твердого раствора в сплаве дуралюмин происходит следующим образом:

1. В твердом растворе образуются области с повышенным содержанием меди – зоны Гинье – Престона 1 (Г.П. 1), имеющие пластинчатую форму. Для этих зон характерно: небольшой размер, неупорядоченная структура, маленькая концентрация меди по сравнению с соединением Al_2Cu ;
2. В твердом растворе образуются зоны Г.П. 2. Наблюдается рост зон Г.П. 1 и обогащение их медью;
3. Начинается распад твердого раствора, идет выделение частиц промежуточной фазы θ' , которая по своему составу соответствует стабильной фазе θ (Al_2Cu);
4. Образуется стабильная фаза θ (Al_2Cu);
5. Выделения фазы θ (Al_2Cu) коагулируют.

При естественном старении обычно образуются зоны Г.П., при искусственном - θ' -фаза.

Е.Ф.Бахметев изучал причины повышения механических свойств дуралюмина после закалки в процессе старения в зависимости от предварительной степени деформации – «проработки» (раздроблении межкристаллитной прослойки и размельчения кристаллитов). Процесс старения протекал с различной интенсивностью у дуралюмина с дезориентированной структурой рекристаллизации и у сплава с текстурой рекристаллизации: при наличии текстуры рекристаллизации процесс старения идет интенсивнее, глубина его больше.

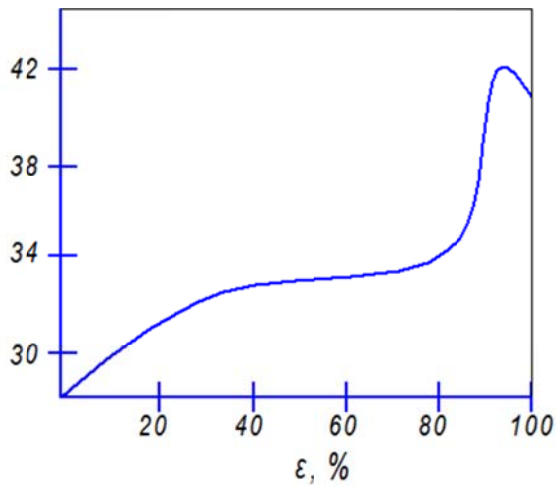


Рисунок 1 – Зависимость увеличения прочности дуралюмина в процессе старения от степени прокатки перед термической обработкой

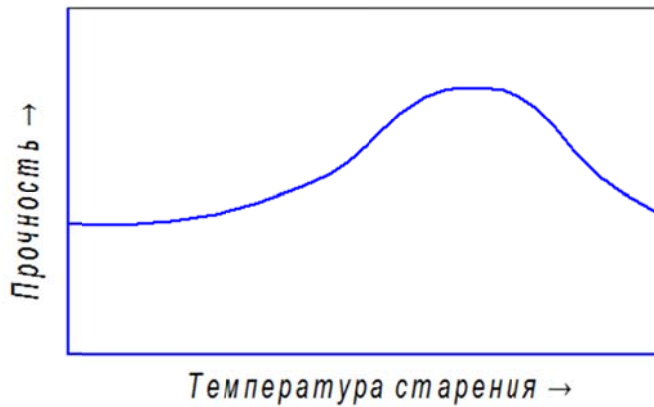


Рисунок 2 – Закономерность изменения прочности сплава дуралюмин в зависимости от температуры старения (время старения постоянно)

Увеличение прочности связано с первыми стадиями распада: образование Г.П. 1, Г.П. 2, с выделением промежуточных метастабильных фаз θ' . Последующие стадии обуславливают снижение прочности. Температура старения выбирается экспериментально, исходя из условия обеспечения максимальной прочности.

**Машины
и технология
обработки
металлов давлением**

Технология упрочняющей обработки лезвий рабочих деталей почвообрабатывающей техники

Студенты: гр. 104411 Поляк Е.И., 104410 Шумак Е.А.
Научный руководитель – Давидович Л.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Среди методов повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники наиболее экономически рациональным представляется процесс термопластической обработки. Преимуществами его являются следующие факторы. Во-первых, при осуществлении термопластической обработки достигается цель получения требуемой формы изделия пластической деформацией без операций со снятием стружки. Во-вторых, повышается производительность по сравнению с механической обработкой. И самое существенное, что используя тепло нагрева заготовки под деформацию, можно осуществить термообработку изделия с фиксацией деформированной особо мелкозернистой структуры металла, которая обеспечивает высокие прочностные свойства и повышенную вязкость, необходимую для предотвращения разрушения металла при кратковременных динамических нагрузках и длительном абразивном воздействии почвы.

При формообразовании лезвий долот и лемехов применяется метод продольно-поперечной прокатки. Суть его состоит в том, что конический валок прокатывается вдоль оси заготовки, локально воздействуя на нее. При этом часть металла перемещается поперек движения вала под действием его конической части. В качестве оборудования для реализации этого процесса используют стан с гидроприводом, в котором помещается деформирующий узел с коническими валками на ползуне и средствами фиксации заготовки на нижней плите. Нагретую заготовку размещают в прокатной клети и при ходе ползуна вперед конические валки продольной и поперечной прокаткой осуществляют формирование режущих лезвий долот и лемехов (рисунок 1).

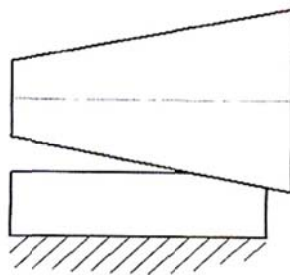


Рисунок 1 – Схема прокатки лезвий лемехов и долот

Все процессы формообразования происходят при температуре, не превышающей 1000°C с применением высокоскоростного индукционного нагрева, при котором не происходит интенсивный рост зерен.

Таким образом, при формообразовании лезвий рабочих деталей достигается эффект двойного упрочнения – деформационного и термического. Немедленная закалка после деформации способствует сохранению специфической мелкозернистой структуры, обеспечивающей повышенные прочностные свойства и вязкость стали. Твердость у заостренной части лезвия из стали 65Г достигает 58-60 HRC с постепенным убыванием ее в направлении монтажной части до 42-46 HRC. Для предотвращения хрупкого разрушения в процессе эксплуатации, применяется отпуск при температуре 400°C в течение одного часа.

Анализ технологических возможностей получения полых цилиндрических изделий методом комбинированной вытяжки

Студенты гр. 104411 Пригара П.В., Приступа А.С.
 Научный руководитель – Любимов В.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Вытяжка – операция листовой штамповки, с помощью которой получают полые детали. Наибольшее распространение получил способ вытяжки без принудительного утонения заготовки (рисунок 1). Набор высоты получаемого изделия достигается при этом способе за счет уменьшения диаметра заготовки. Основным недостатком способа является то, что толщина стенки изделия неодинакова по высоте. В общем случае толщина стенки детали у дна меньше толщины исходной заготовки на 15-20%, а у верхней кромки на 20-40% больше. Кроме того, из-за анизотропии механических свойств листового металла толщина стенки изделия неодинакова и по периметру. Таким образом, требования чертежа, предусматривающего обычно постоянную толщину стенки и одинаковый диаметр по всей высоте детали, при вытяжке без утонения никогда не выполняются.

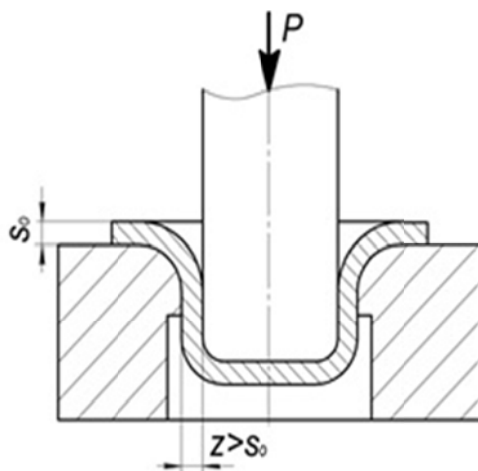


Рисунок 1 – Схема вытяжки

Величина допустимого формоизменения в каждом переходе вытяжки обычно ограничивается разрушением заготовки в опасном сечении или потерей устойчивости заготовки в процессе деформирования. Потеря устойчивости приводит к появлению складок, искажающих форму заготовки и получаемого изделия, а иногда и к разрушению, когда образовавшиеся складки застревают в зазоре между пуансоном и матрицей.

Степень формоизменения заготовки оценивается либо коэффициентом вытяжки, представляющим отношение диаметра изделия к диаметру заготовки $m_d = d/D$, либо степенью вытяжки $K_d = 1/m_d = D/d$. Сложность и длительность технологического процесса получения деталей вытяжкой зависит от величины допустимого формоизменения заготовки за один переход. При предельном коэффициенте вытяжки фланец заготовки может быть полностью втянут в отверстие матрицы с образованием цилиндрического стакана. Если же коэффициент вытяжки будет меньше предельного, то фланец заготовки не может быть полностью протянут через отверстие матрицы, так как максимальное растягивающее напряжение σ_p в опасном сечении достигает предела прочности материала σ_b и происходит обрыв дна. В соответствии с этим при вытяжке из плоской заготовки можно получить детали с ограниченным отношением высоты к диаметру ($H/d = 0,5 \dots 0,8$).

Для получения деталей с большим отношением высоты к диаметру вытяжку приходится осуществлять за несколько переходов, причем заготовкой для вытяжки на последующих переходах является цилиндрический стакан, полученный на предыдущем переходе вытяжки. При этом предельный коэффициент вытяжки на каждом последующем переходе увеличивается (степень допустимого формоизменения заготовки уменьшается). Это объясняется тем, что из-за упрочнения материала пластичность его существенно снижается. При многократной вытяжке без межоперационных отжигов упрочнение заготовки может привести к исчерпанию ресурса пластичности.

При вытяжке без утонения стенки зазор между пуансоном и матрицей обычно берется несколько большим, чем толщина заготовки (иногда с учетом возникающего при вытяжке утолщения краевой части заготовки).

Для получения изделий с постоянной толщиной стенки по высоте и периметру изделия на производстве используется способ вытяжки с принудительным утонением заготовки (протяжка). Зазор между пуансоном и матрицей берется меньше исходной толщины заготовки (рисунок 2).

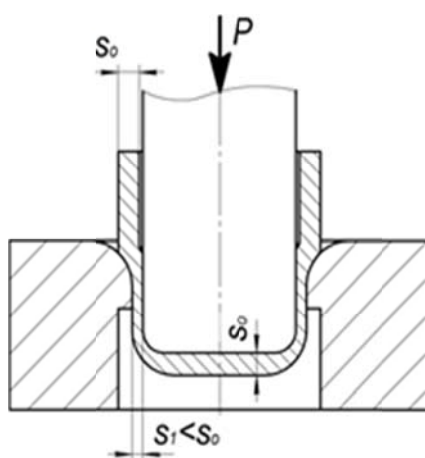


Рисунок 2 – Схема вытяжки с утонением

При этом набор высоты изделия происходит за счет уменьшения толщины стенки поллой заготовки в вытяжном зазоре при практически неизменном ее диаметре. При протяжке деформацию по толщине заготовки оценивают коэффициентом утонения $m_s = s_1/s_0$ или степенью утонения $K_s = 1/m_s = s_0/s_1$.

Вытяжка с утонением стенки применяется, как правило, при изготовлении деталей с большим отношением высоты к диаметру, для которых требуется, или допускается, чтобы толщина доньшка была больше толщины стенки. Еще одним достоинством вытяжки с утонением стенки является возможность получения за один переход большего приращения отношения высоты к диаметру, чем при вытяжке без утонения стенки.

Одним из показателей производительности процесса вытяжки является относительная глубина вытяжки $H_d = H/d$ (где H – высота, а d – диаметр изделия). Интенсифицировать процесс вытяжки можно путем совмещения в одном штамповочном переходе двух вышерассмотренных способов вытяжки. При комбинированной вытяжке (рисунок 3) увеличение отношения высоты детали к ее диаметру обеспечивается одновременным уменьшением и диаметра заготовки и ее толщины.

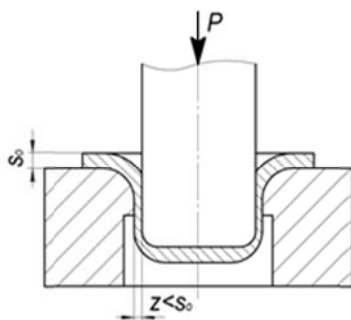


Рисунок 3 – Схема комбинированной вытяжки

Поэтому при комбинированной вытяжке прирост отношения высоты детали к ее диаметру за один переход может быть значительно больше, чем за один переход вытяжки без утонения или только с утонением стенки.

Очаг пластической деформации при комбинированной вытяжке состоит из двух зон: зоны вытяжки и зоны принудительного утонения. Силы трения из-за больших контактных давлений в зоне утонения достигают значительной величины. Удлинение заготовки при утонении ее стенки приводит к тому, что в очаге деформации она скользит вверх по пуансону, а силы трения на внутренней поверхности заготовки действуют в направлении движения пуансона, разгружая опасное сечение. Это обеспечивает возможность значительного приращение относительной высоты изделия за один переход вытяжки.

УДК 621.7.044

Ресурсосберегающая технология скоростного горячего выдавливания биметаллического стержневого инструмента

Студент гр. 104411 Шиманский И.А.
Научный руководитель – Власов В.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в Республике Беларусь остро стоит вопрос создания современных, оснащенных прогрессивными техпроцессами и оборудованием, специализированных предприятий по проектированию и изготовлению высококачественной технологической оснастки и инструмента. Как показывает мировой промышленный опыт, машиностроительным предприятиям необходимо применять инструмент, штампы и пресс-формы качеством на порядок выше, чем выпускаемая продукция. Это связано с усложнением выпускаемой продукции и сокращением ее жизненного цикла в соответствии с требованиями рынка.

Благодаря ряду преимуществ, (адиабатные условия протекания процесса, снижение контактного трения, благоприятное действие сил инерции, способствующие лучшему заполнению матричной полости и т.д.) процессы скоростного формоизменения, особенно скоростного горячего выдавливания (СГВ), создают эффективные условия для обработки малопластичных и труднодеформируемых материалов, широко используемых в инструментальном производстве. В связи с тем, что высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами, она может быть использована как технологический процесс изготовления стержневых деталей штамповой оснастки

Для проведения исследований были выбраны представители штамповых сталей: 5ХНМ и 45ХЗВЗМФС (ДИ23), широко используемых для изготовления стержневых деталей кузнечных штампов в инструментальном производстве. В качестве материала основы была выбрана легированная конструкционная сталь 40Х.

Скоростное деформирование составных заготовок осуществляли с нагревом в камерной печи СНОЛ-2УМ. Для предотвращения окисления образцы засыпали порошкообразным древесным углем. В процессе нагрева температуру в рабочем пространстве печи контролировали с помощью платино-родиевой термопары ТПРТ 01.01-000-В3-Н-К799-4-320, соединенной с микропроцессорным измерителем-регулятором ТРМ-101. Время выдержки образцов в печи принималось из расчета полного прогрева по сечению, и составляло 1 мин на 1 мм сечения заготовки.

Температурные интервалы горячей штамповки для сталей 40Х, 5ХНМ и 45Х3В3МФС (ДИ23) составляют: 800–1250, 750–1240, 850–1160 °С. Учитывая такой разброс температур нагрева, деформацию составной заготовки осуществляли при температуре $T_0 = 1150 \pm 20^\circ\text{C}$, при которой обеспечивается значительная термическая активация, способствующая в сочетании с движущимися дислокациями образованию прочного соединения разнородных материалов основной и рабочей частей заготовки.

Для экспериментального исследования процесса и отработки технологии использовалась высокоскоростная установка горизонтального типа (рисунок 1).

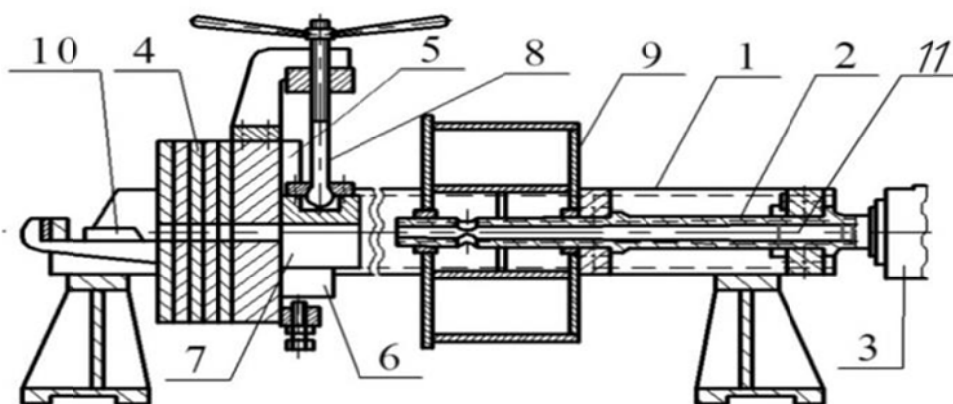


Рисунок 1 – Конструктивная схема горизонтальной установки

Установка состоит из рамы 1, с одной стороны которой жестко закреплен ствол 2 с энергоузлом 3, а с другой стороны – сборный шабот 4. На шаботе в регулируемых направляющих 5 и упорах 6 смонтирован выдвижной переходник 7 для крепления штампа. Изменение положения переходника по высоте осуществляется винтом 8. Для снижения уровня шума установка оснащена съемным глушителем 9. Для обеспечения безопасных условий труда установка оснащена ловителем 10. Пуансон 11 за счет сгорания энергоносителя в энергоузле 3 имеет возможность разогнаться в стволе 2.

Фотографии биметаллических образцов, полученных скоростным горячим выдавливанием, показаны на рисунке 2.

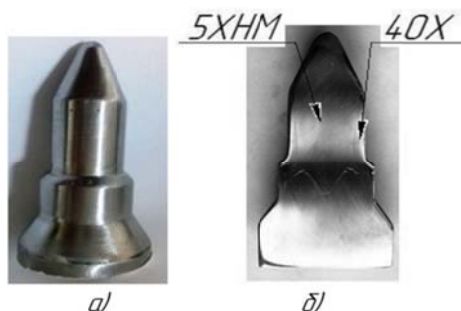


Рисунок 2 – Фото поковки (а) и продольного шлифа (б) биметаллического пуансона

Из рассмотрения представленных шлифов, выполненных в продольной плоскости деформированных образцов, хорошо видны четкие линии сварного соединения двух металлов, достигнутого за счет совместного скоростного осевого течения двух металлов в процессе их скоростного выдавливания.

УДК 621.992.7

Изучение особенностей получения двухвитковой пружинной шайбы

Студенты группы 104411 Семёнова Е.А, Нахайчук М.Г
Научный руководитель – Шиманович О.А
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является изучение особенностей изготовления пружинных шайб.

Исследования и испытания болтовых соединений привели к созданию новых видов пружинных шайб. Целью создания новых видов шайб являлось избегание каких-либо повреждений, причиняемых другим деталям стыка во время их работы, а так же сохранение стыков плотно затянутыми.

К новому виду шайб относятся двухвитковые пружинные шайбы. Применение двухвитковых пружинных шайб обеспечивает сопротивление развинчиванию гайки; гарантирует равномерное натяжение при необходимой степени затяжки; обеспечивает достаточный запас натяжения на период службы болтового соединения и многое другое. Для изготовления пружинной шайбы применяют стали марок 65Г, 70, 3Х13. Возможно их изготовление из бронзы марки БрКМц3-1 или других цветных сплавов. Твердость стальных шайб должна быть 40-48 HRC, бронзовых - не менее 90 HRB.

Двухвитковая пружинная шайба в настоящее время изготавливается с параллельными гранями и применяется на железных дорогах. Некоторые условия движения или ограниченное время на производство работ по текущему содержанию иногда требуют применения жестких пружинных шайб с высоким реактивным давлением, которые обладают высокой силой нажатия и имеют широкие пределы реактивной силы там, где это особенно ценно. Этого достигли благодаря созданию двухвитковой с высоким нажатием пружинной шайбы, которая никогда не выпрямляется при нормальных условиях службы. Подобное приспособление предназначено для замедления и прекращения движения вывинчивания вверх шурупов, особенно когда они применяются при раздельном прикреплении. Изображение данной шайбы представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Эскиз двухвитковой пружинной шайбы

Улучшение в методах изготовления, термическая обработка и закалка вместе с использованием легированных или углеродистых сталей специального состава, изготовленных мартеновским способом, в электропечах или тигельных печах, позволили получить необходимое реактивное давление пружин, требуемое современными условиями движения, с достаточным запасом мощности как условия безопасности.

Для изготовления данного вида шайб используется универсально – гибочный автомат.

Метод получения композиционного двухслойного антифрикционного материала с повышенными адгезионной прочностью бронзового антифрикционного слоя к стальной пластине и триботехническими свойствами

Студент гр. 104411 Скраго А.Н.
Научный руководитель – Белый А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Проблема трения и изнашивания имеет огромное прикладное значение для различных областей науки и техники. Интенсивный износ относительно недорогих узлов трения, выходящих из строя значительно раньше других, приводит к преждевременному выходу из строя дорогостоящего оборудования [1]. Особенно это актуально для новой современной техники, работающей в широком диапазоне условий эксплуатации, а также для увеличения производительности имеющегося оборудования.

Ресурс работы узлов трения определяется их конструкцией, качеством смазки и, в значительной степени, эффективностью антифрикционных материалов. Современные антифрикционные материалы должны обладать высокой прочностью, теплопроводностью, термостойкостью и жаростойкостью.

Анализ достижений современного трибоматериаловедения позволяет сделать вывод о том, что антифрикционные материалы нового поколения, обладающие перечисленным комплексом параметров, должны иметь композиционное строение, а для тяжелых условий работы или больших размеров – быть двухслойными (стальное основание и антифрикционный слой). В качестве антифрикционного слоя в таких материалах применяется литая или порошковая бронза.

Однако получение таких антифрикционных изделий затруднено из-за малой толщины стальной основы (1,5-3 мм) и антифрикционного слоя (1-1,5 мм), а также существенной разницы в температурах плавления материалов композиции.

Задача, которую решает рассматриваемый метод, заключается в получении композиционного двухслойного антифрикционного материала с повышенными адгезионной прочностью бронзового антифрикционного слоя к стальной пластине и триботехническими свойствами.

Для получения двухслойного антифрикционного материала использовались пластины из листовой компактной стали Ст3 толщиной 1–2 мм и сферический бронзовый порошок марки БрО10Ф1 фракции 0,3–0,4 и 0,4–0,63 мм. Устройство для нанесения пленки БрО10Ф1 на стальную основу 1 (рисунок 1) содержит металлическую щетку 2 с приводом вращения и механизмом подачи 3, а также прижатый к щетке под углом 5-10° к касательной в точке касания брусок из материала покрытия 4 [2].

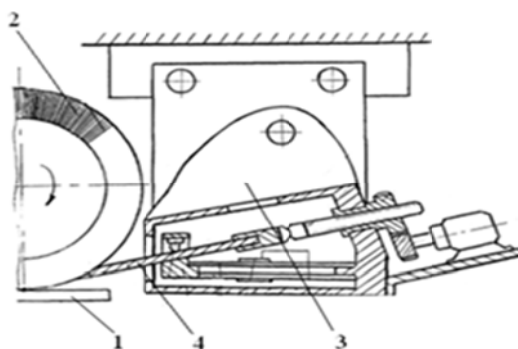


Рисунок 1 – Устройство для нанесения на стальную пластину бронзовой пленки

В процессе взаимодействия ворса щетки с поверхностью детали, за счет удара ворса и его скольжения по поверхности на площадках контакта могут возникать мгновенные температуры до 1000...1300 °С. Нагрев осуществляется настолько быстро, что материал обрабатываемой поверхности не успевает расширяться, вследствие чего в нем возникают внутренние напряжения. При первом проходе происходит взламывание поверхностного слоя, очистка поверхности основы от окисных пленок и загрязнений, срезание микронеровностей.

Все это приводит к получению ювенильно чистых поверхностей с энергией, достаточной для сцепления стального основания и пленки БрО10Ф1.

Подходя к покрываемой поверхности, ворсинка щетки с микрочастицами материала покрытия ударяются и размазываются по поверхности детали с образованием мостиков схватывания первоначально между основой и частичками материала покрытия, а затем непосредственно со сформированным слоем покрытия. При этом может происходить как наращивание слоя покрытия, так и его полное или частичное срезание. Схватыванию способствуют совместная пластическая деформация и высокие мгновенные температуры в зоне обработки, а также сдвигающие усилия, возникающие при проскальзывании ворсинок с частичками материала покрытия по поверхности изделия. Микрочастицы материала покрытия, ударяясь о поверхность, блокируют обновленную поверхность от доступа кислорода воздуха. Происходит "перемешивание" материала основы и покрытия, что приводит к образованию слоистой переходной зоны на границе основа - покрытие. Несмотря на кратковременность обработки, в некоторых участках успевают пройти диффузионные процессы, поэтому местами наблюдается "размытая" граница. Переходная зона представляет собой смесь частиц материала основы и покрытия. Процесс плакирования, в определенной степени, схож с процессом сварки трением, при котором обеспечивается высокая прочность сцепления свариваемых изделий.

После нанесения промежуточной пленки производили отжиг стальных пластин.

Антифрикционный порошок слой на пластину наносили методом свободной насыпки, после чего спекали в защитно-восстановительной атмосфере эндогаза при температуре 800–820 °С в течение 1 ч. Стальные пластины с напеченным антифрикционным слоем подвергали прокатке на прокатном стане Kalmag (Германия) с диаметром бочки валков 200 мм, скоростью вращения валков 3 об/мин и степенью обжатия 35–45 %. Обжатие с такой степенью деформации позволило получить пористость антифрикционного слоя 12–15%, обеспечивающую максимальные триботехнические свойства за счет оптимального заполнения смазкой пористого антифрикционного слоя.

Фрактограммы хрупких изломов, полученные после охлаждения в жидком азоте, изучали на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU (Чехия).

Таким образом, рассмотренный способ позволил получить двухслойный композиционный антифрикционный материал с повышенной в 1,54 раз адгезионной прочностью антифрикционного слоя к стальной основе, в 1,13 раз износостойкостью и в 1,34 раз меньшим коэффициентом трения.

Список использованных источников

1. Сорокин Г. М. // Трение и износ, 2001. – Т. 22. № 3. С. 322 – 331.
2. Патент RU 2243290 С1, МПК 7 С23 С24/02. Устройство для нанесения металлических покрытий на поверхность металлических изделий/ Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Адашкевич В.И., Лукашик А.А., Зольников В.Г. (BY); заявитель и патентообладатель Институт механики и надежности машин Национальной академии наук Беларуси (BY); заявл. 31.10.2003; опубл. 27.12.2004.

Процесс прокатки структурно-неоднородной среды

Студенты гр. 104411 Белуга Е.С., Демидовец В.Н.
 Научный руководитель – Белявин К.Е.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В машиностроении используется большое количество антифрикционных изделий – подшипников скольжения, направляющих, втулок, вкладышей, применяемых в различных узлах трения машин и механизмов.

Одним из перспективных направлений получения таких изделий являются биметаллические композиции, состоящие из стальной основы со спеченным пористым слоем порошка бронзы.

Для получения двухслойного антифрикционного материала использовались пластины из листовой компактной стали Ст3 толщиной 1–2 мм и сферический бронзовый порошок марки БрОФ 10-1, фракции 0,3–0,4 и 0,4–0,63 мм.

При анализе влияния на процесс соединения металлов состояния контактных поверхностей следует также принимать во внимание и то, что поверхностные слои металла по своему строению и свойствам могут значительно отличаться. Во многом это вызывается предшествующей обработкой металла. Например, любой вид механической обработки (резание, шлифование, полирование и др.) приводит к искажению кристаллической структуры поверхностного слоя, увеличению числа вакансий и плотности дислокаций в нем. Прокатка и другие методы обработки давлением приводят к наклепу и появлению текстуры деформации. Все эти явления, несомненно, оказывают влияние на процесс схватывания металлов.

Антифрикционный порошковый слой на пластину наносили методом свободной насыпки и подвергали спеканию в защитно-восстановительной атмосфере эндогаза при температуре 750–780 °С в течении 50–60 мин, после этого проводили прокатку на прокатном стане (диаметр бочки валков – 200 мм, скорость вращения – 3 об/мин).

Далее приведены результаты компьютерного моделирования процесса прокатки биметаллической композиции сталь – порошковая бронза с использованием программы LS-DYNA.

Распределение объёмной плотности, по сечению образца, показано на рисунке 1.

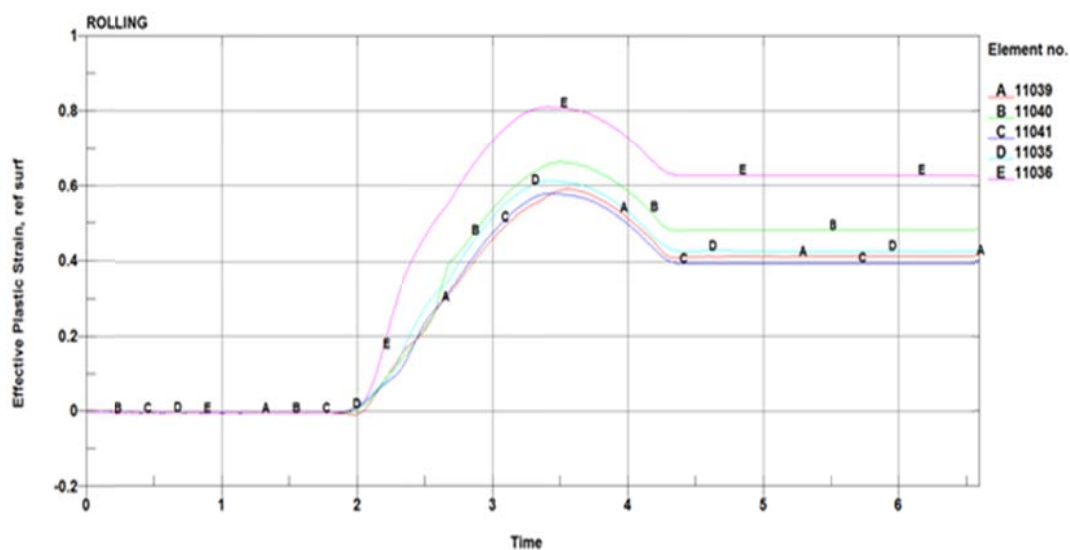


Рисунок 1 – Распределение объёмной плотности по сечению образца

Микроструктурный анализ полученных образцов подтвердил результаты компьютерного моделирования, продемонстрировав, что в структуре бронзового слоя наблюдаются сферические частицы с различной степенью деформации – большая пористость у поверхности и незначительная у плоскости контакта со стальным основанием, что способствует лучшему адгезионному взаимодействию компонентов двухслойного материала, при сохранении способности насыщения поверхностного слоя жидкими смазками (рисунок 2).



Рисунок 2 – Микроструктура двухслойного материала с неравномерной пористостью (×50)

Распределение эквивалентных напряжений по сечению образца показано на рисунке 3.

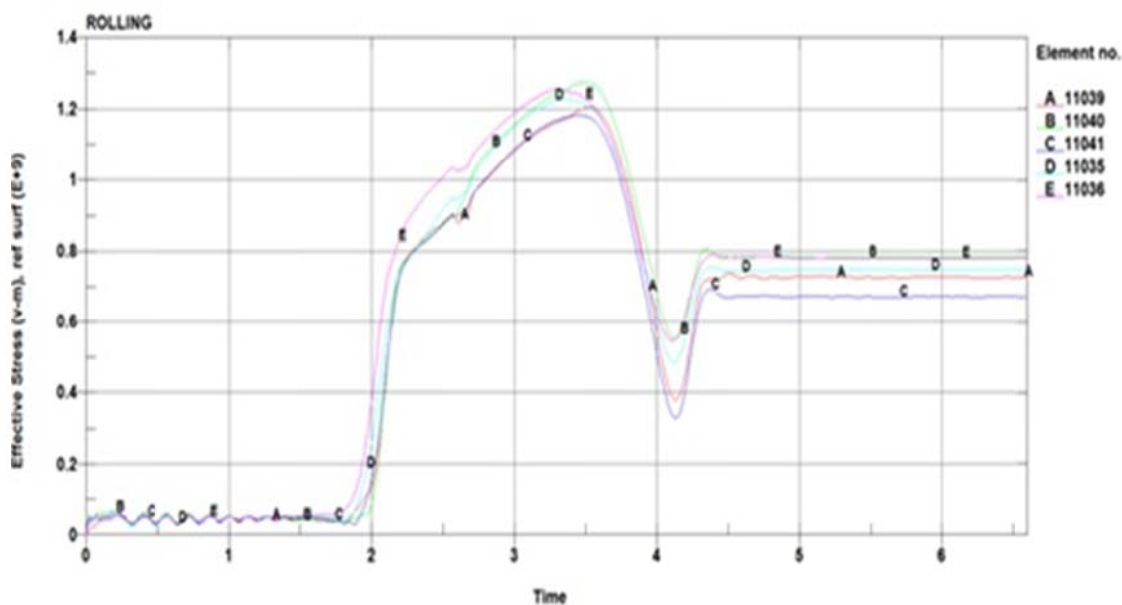


Рисунок 3 – Распределение эквивалентных напряжений по сечению образца

В рамках данной работы рассмотрен подход моделирования порошковых материалов в пакете инженерного анализа LS-DYNA.

Результаты проведенных виртуальных экспериментов позволили дать представление о характере протекающих процессов, общих закономерностях формоизменения порошков, получить численные данные, характеризующие физические величины (плотность, напряжения и др.).

УДК 621

Снижение уширения прокатанных полос в роликовых волоках

Студенты группы 104411 Ковалевич С.П., Апекун Д.А.,
гр. 104410 Нестерович М.Л.
Научный руководитель – Исаевич Л.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При периодической прокатке полос переменной толщины в несколько проходов неизбежно возникает уширение и особенно в их концевых участках.

Устранение уширения возможно за счет обжатия заготовки после каждого прохода до исходной ширины посредством неприводных боковых роликов с использованием механизма, показанного на рисунке 1. Устройство включает пару неприводных боковых роликов 1, установленных на цапфах 2 в рычагах 3, имеющих возможность поворота относительно неподвижных осей 4. На рычагах закреплены возвратные пружины 5, поворачивающие рычаги до регулируемых упоров 6, выполненных в виде болтов с контргайками, которые смонтированы на станине 7. Станина устройства установлена на прокатной клети стана со стороны подачи полосовой заготовки в прокатные валки 8, в которых осуществляется ее обжатие по толщине за несколько проходов.

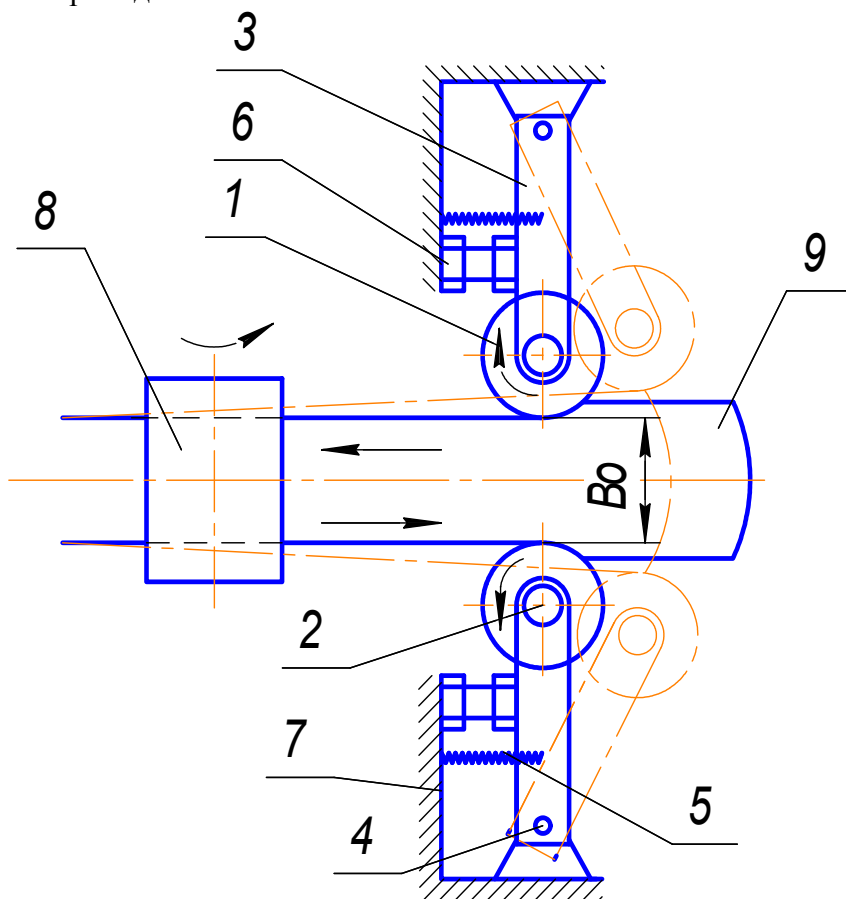


Рисунок 1 – Схема роликового волочения, используемого для устранения уширения прокатываемой полосы

Прокатанная после первого прохода полоса 9 при увеличении зазора между постоянно вращающимися приводными валками 8 подается специальным механизмом в исходное крайнее правое положение, раздвигая своей уширенной частью.

УДК621.7.044

Технология сферодвижной штамповки

Студенты гр.104411 Халецкая К.Ю., Чернушевич Е.В.
Научный руководитель – Кудин М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Актуальность проблемы состоит в том, что в современных конструкциях машин широкое применение находят детали сложного рельефа, к которым относятся трубчатые колеса, диски, фланцы. Вследствие несовершенства применяемой технологии изготовление таких деталей связано с большим объемом черновой механической обработки и повышенным расходом дорогостоящих и дефицитных материалов. Одним из путей решения этой проблемы является разработка и внедрение новых процессов, обеспечиваемых получение заготовок с минимальными припусками на механическую обработку и высоким коэффициентом использования материала. К числу таких процессов относится сферодвижная штамповка [1]. Несмотря на ряд очевидных преимуществ по сравнению с традиционными методами обработки, сферодвижная штамповка находит ограниченное применение. Это объясняется недостаточной изученностью этого метода обработки.

Процесс сферодвижной штамповки, представляет собой одну из разновидностей обработки металлов давлением и сводится к изменению формы заготовки в соответствии с требуемыми очертаниями изделия путём периодического обжатия рабочими органами, совершающими относительно оси заготовки радиальное и вращательное движение, осевое и вращательное движение. Заготовка при этом может оставаться неподвижной или совершать вращательное движение. При этом происходит две деформации сжатия и одна растяжения.

Форма инструмента может быть разнообразной. В зависимости от того, какой части инструмента (пуансону или матрице) сообщается колебательное движение, изменяется и положение инструмента относительно центра колебаний, а также углы его профиля [2]. Управление формами и размерами очагов пластической деформации, изменением положения инструмента относительно центра колебаний и кинематическими условиями на контактных поверхностях обеспечивает широкие возможности штамповки и позволяет отнести эти процессы к наиболее сложным процессам ОМД. Ось симметрии инструмента наклонена к оси заготовки под небольшим углом α (рисунок 1). В процессе эта ось перемещается по поверхности кругового конуса с вершиной, лежащей на оси обработки, а пластическая деформация в каждый момент времени происходит лишь в части заготовки, находящейся в штампе. За время одного цикла при объемной штамповке, независимо от траектории движения, пластической деформации подвергается вся заготовка. Для реализации процессов в очаге деформации необходимо наличие поступательного движения инструмента от ползуна прессы или эквивалентного ему перемещения через зону деформации заготовки и движения кругового обкатывания инструмента от отдельного привода.

Так же важным показателем хода процесса обкатки является пятно контакта (рисунок 1). Условно можем представить чёткие границы (в определённый промежуток времени). В процессе обкатки площадь пятна контакта постоянно меняется, а именно увеличивается. В начальный момент времени пятно контакта имеет небольшую полосу по радиусу заготовки. Далее, пятно контакта постепенно увеличивается. Это связано как с постепенным уширением заготовки, так и с тем, что верхний инструмент вдавливается в заготовку.

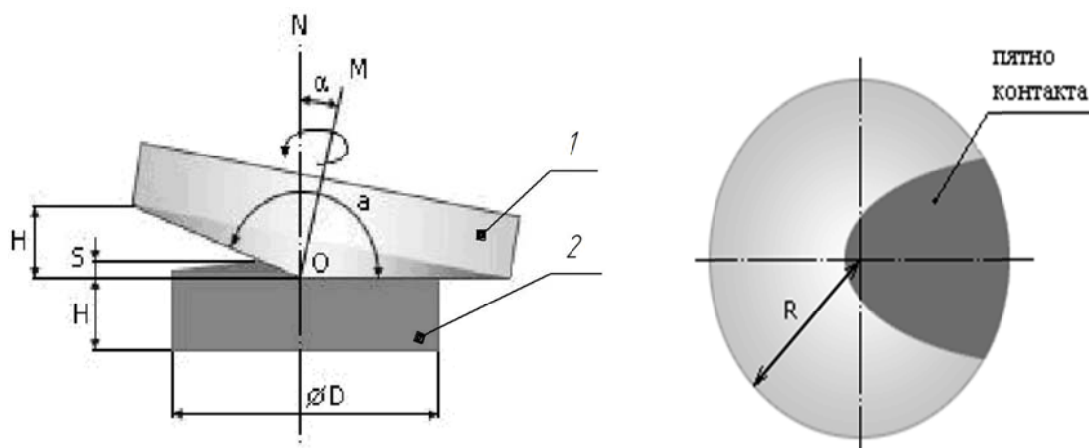


Рисунок 1 – Схема процесса сферодвижной штамповки:
1 – инструмент; 2 – заготовка.

В начале деформирования пятно контакта не достигает края заготовки. Всё дело в том, что заготовка не полностью фиксирована и начинает искривляться, торцевая поверхность заготовки отклоняется от горизонтали. А поверхность пуансона строго горизонтальна. И пуансон, в какой-то период, перестаёт касаться края заготовки [3]. Постепенно степень деформации возрастает, и заготовка как бы обхватывает пуансон по его контуру, пятно контакта соответственно достигает края заготовки.

Такие процессы имеют существенные преимущества: значительное снижение силы деформирования; получение поковок с большим отношением диаметра к высоте; расширение области рационального использования холодных деформационных процессов, для получения точных заготовок и готовых изделий, при этом существенно снижается материалоемкость производства и уменьшается объем механической обработки; возможность получения деталей, штамповка которых обычными методами невозможна либо затруднена [4].

Отличительными чертами такой технологии является экономия металла, меньшая трудоемкость, повышенное качество изделий, высокая производительность и мобильность технологии. Одним из важнейших достоинств сферодвижной штамповки является возможность повышения всего комплекса характеристик механических свойств, а, следовательно, и эксплуатационной надежности изделий.

Список использованных источников

1. Чистяков В.С., Тюленев А.В., Апехтин О.К., Ширхалова В.М.. Технология, оснастка и оборудование для формообразования малопрпусковых заготовок методом сферодвижной штамповки. Межотраслевой научно-технический сборник «научно-технические достижения», М., ВИМП. 1992. № 9, с.25-29.
2. Корякин Н.А. Штамповка обкатыванием. Состояние и перспективы развития. / Н.А. Корякин // Кузнечно-штамповочное производство.1990, №12. - с. 5-7.
3. Королёв А.А., Королёв А.В., Королев А.А. Точная холодная торцевая раскатка деталей типа колец подшипников. Саратов: Сарат. Гос. Техн. Ун-т, 2004. 148с.
4. Кривда Л.Т. Блок для штамповки обкатыванием усилием 300 кН. // Л.Т. Кривда, С.П. Гожий; Вестник Киевского политехнического института. Машиностроение. - 1993. - № 30. – С. 67-72.

Компьютерное моделирование пластического течения металлов при получении биметаллического инструмента

Студент гр. 104411 Погребницкий К.О.
Научный руководитель – Ленкевич С.А
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Благодаря ряду преимуществ процессы скоростного формоизменения, особенно скоростного горячего выдавливания (СГВ), создают благоприятные условия для обработки малопластичных и труднодеформируемых материалов, широко используемых в инструментальном производстве. Кроме того, энергосиловые параметры СГВ способны обеспечить интенсивное пластическое течение металлов, необходимое при создании биметаллического соединения.

В процессе разработки технологических операций скоростного горячего выдавливания требуется анализ пластического течения металлов, а также информация о системе штамп – инструмент – деформируемый образец на изменение технологических параметров. Для этого могут быть использованы методы экспериментального исследования и теоретического моделирования, а также их комбинация.

Основным недостатком при использовании методов экспериментального исследования является необходимость изготовления технологической оснастки – инструмента и штампа. При отработке нескольких вариантов стоимость изготовления оснастки становится весьма значительной.

Существенным недостатком теоретических методов является трудность или невозможность их применения к исследованию сложных процессов скоростного горячего выдавливания.

Взамен экспериментальному исследованию и теоретическому анализу можно использовать компьютерное моделирование процессов объёмной штамповки с помощью метода конечных элементов. Достоинством этого метода является возможность совмещенного физико-механического анализа таких параметров, как прочность, пластичность и температурные изменения при скоростных нагрузках.

Однако в связи с тем, что для анализа пластического течения при скоростном выдавливании биметаллического инструмента отсутствуют решенные верификационные задачи, необходимо подтвердить достоверность получаемых результатов моделирования в компьютерном пакете *DEFORM-3D* путем сравнения данных, полученных экспериментальным или теоретическим методами.

Цель настоящей работы – создание компьютерной модели при исследовании возможности получения биметаллического инструмента с основой из конструкционной стали, а рабочей части из высоколегированных инструментальных сталей с экономией последних до 70 - 80%.

Для получения данных о совместном пластическом течении двух металлов 1 и 2, составной биметаллической заготовки (рисунок 1) при СГВ провели эксперименты по схеме с комбинированным выдавливанием (обратное и радиальное) для изготовления биметаллического штампового инструмента вставка пуансона, применяемого на холодновысадочных автоматах.

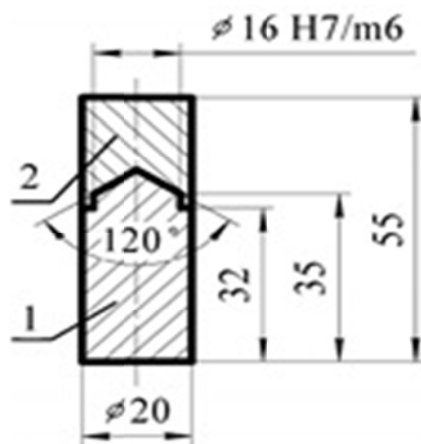


Рисунок 1 – Эскиз составной заготовки:
1 – сталь 40Х; 2 – сталь Х12МФ

Образцы изготавливались резанием на токарном станке из прутков одной поставки. Контактные поверхности подвергались протирке этиловым спиртом и зачистке металлическими щетками. После чего образцы нагревали в камерной печи СНОЛ-2УМ до температуры $T_{\text{пл}} = 1200^{\circ}\text{C}$ и контролировали ее с помощью платино-родиевой термопары ТПРТ 01.01-000-ВЗ-Н-К799-4-320, соединенной с микропроцессорным измеритель-регулятором ТРМ-101. Время выдержки образцов в печи выбиралось из расчета полного прогрева по сечению и составляло 1 мин на 1 мм диаметра заготовки.

Комбинированное выдавливание осуществлялось на вертикальном копре со скоростью ударника 10 м/с и кинетической энергией 3,4 кДж в разъемных полуматрицах.

На основе исходных данных, (размеры и форма составной заготовки, пуансона и полуматриц), создали модель для анализа пластического течения (рисунок 2, а).

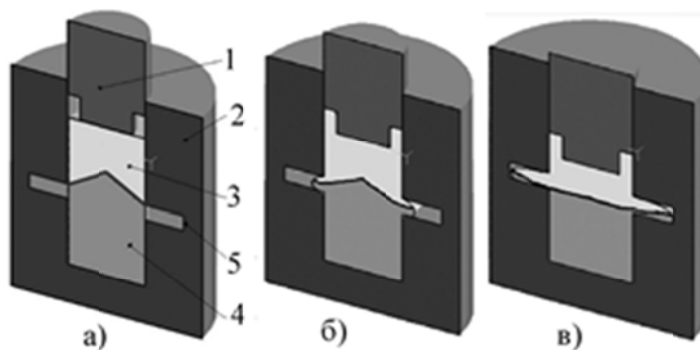


Рисунок 2 – Модель совместного пластического течения различных сталей:
а – до ударного нагружения; б – в момент формирования рабочей полости;
в – в момент завершения пластического течения
1 – пуансон; 2 – полуматрица; 3, 4 – составная заготовка;
5 – кольцевая проточка для формирования биметаллического соединения

После создания исходной модели в препроцессоре программы DEFORM-3D задали исходные данные соответствующие условиям нагружения реальной составной заготовки. Далее запускается пошаговый процесс симуляции с возможностью ввода линии раздела биметалла и просмотра картины течения на любом шаге, т.е. при любом перемещении пуансо-

на, например, в момент полного образования полости (рисунок 2, б) или момент завершения процесса деформирования (рисунок 2, в) и т.д.

Сравнительный анализ пластического течения реальных образцов и полученных моделей производился в графическом редакторе КОМПАС путем наложения линий раздела двух материалов 1 и 2 (линия А на линию Б) (рисунок 3).

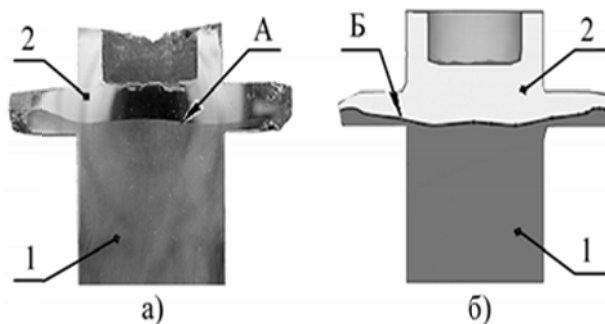


Рисунок 3 – Вид биметаллических образцов после деформации образцов (а) и модели (б):
а) 1-сталь 40Х, 2-сталь Х12МФ; б) 1-конструкционная сталь, 2-штамповая сталь

Относительное расхождение несовпадающих точек не превышало 10%, которое объяснимо тем, что для моделей приняты идеальные условия деформирования, не учитывающие допуски, назначаемые при изготовлении реальной оснастки, и физическую природу строения реальных металлов. В целом же моделирование пластического течения биметаллических составных заготовок, как это видно из рассмотрения линий раздела двух материалов А и Б на рисунке 3, является качественным и достоверным.

УДК 621.983.321

Оптимизация процесса комбинированной вытяжки полых изделий

Студенты гр. 104411 Пригара П.В., Приступа А.С.

Научный руководитель – Любимов В.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При комбинированной вытяжке полых изделий деформирование заготовки происходит и по периметру заготовки и по ее толщине, поэтому технологическое усилие значительно увеличивается по сравнению с усилиями отдельных процессов вытяжки, составляющих комбинированный процесс.

Можно выделить две стадии процесса комбинированной вытяжки. Первая стадия соответствует обычной вытяжке плоской заготовки до начала ее принудительного утонения, а вторая – собственно комбинированному процессу, характеризующемуся наличием в очаге пластической деформации двух зон: зоны вытяжки и зоны принудительного утонения. На второй стадии происходит деформирование заготовки по толщине стенки и завершение деформирования ее по периметру. Переход первой стадии во вторую является критическим моментом, когда возможно разрушение заготовки.

На рисунке 1 приведены силовые диаграммы процессов вытяжки заготовок из стали 08кп толщиной $s = 0,78$ мм без утонения (зазор между пуансоном и матрицей $z = 1,4S$) и комбинированной вытяжки ($z = 0,77S$). Радиальная матрица диаметром 33 мм имела радиус скругления вытяжного ребра 7 мм, что соответствовало наиболее неблагоприятным условиям осуществления комбинированной вытяжки, так как при этом имело место наложение второй стадии формоизменения на первую.

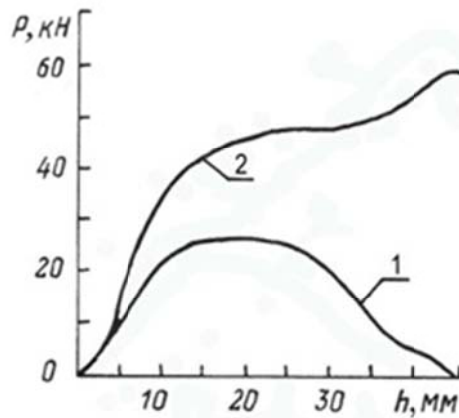


Рисунок 1 – Силовые диаграммы процессов вытяжки заготовок из стали 08кп без утонения (1) и комбинированной вытяжки (2)

Процесс комбинированной вытяжки можно оптимизировать за счет более рационального расчленения на стадии. Предельные степени вытяжки и утонения определяются действующими в заготовке меридиональными растягивающими напряжениями. Уменьшить растягивающие напряжения, а, следовательно, увеличить суммарную степень деформации можно путем разгрузки опасного сечения за счет уменьшения максимального усилия процесса. Реально это можно обеспечить путем расчленения во времени процессов вытяжки и протяжки стенки изделия таким образом, чтобы максимумы усилий этих процессов не совпадали, что может быть реализовано в случае, если вторая стадия процесса будет начинаться в фазе снижения усилия первой стадии. На рисунке 2 приведены силовые диаграммы комбинированной вытяжки заготовок из стали 08кп и алюминия АДН толщиной 1,5 мм с оптимальным расчленением на стадии (диаметр матрицы 33 мм, диаметр заготовки 66 мм, вытяжной зазор 0,9 мм).

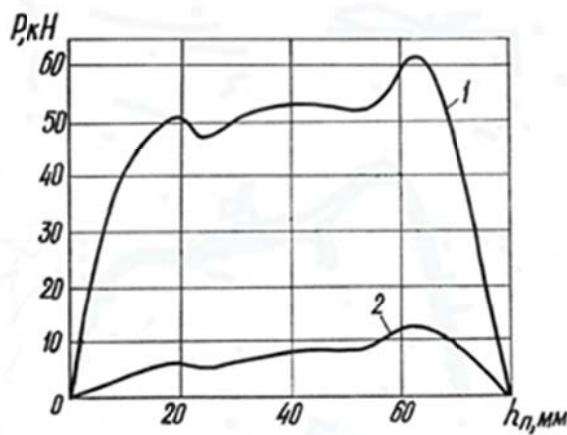


Рисунок 2 – Силовые диаграммы комбинированной вытяжки заготовок из стали 08кп (1) и алюминия АДН (2) при оптимальном расчленении процесса на стадии

При оптимальном расчленении комбинированной вытяжки разрушение заготовки в результате чрезмерной деформации по периметру может наступить только на первой стадии, поскольку на второй стадии прочность опасного сечения заготовки возрастает из-за увеличения активных сил трения действующих на заготовку со стороны пуансона, а составляющая технологического усилия, соответствующая деформации «свертки» уменьшается. На второй стадии комбинированной вытяжки возникают два критических момента, когда возможно разрушение заготовки. Каждый из них характеризуется своим максимумом усилия. Первый

критический момент возникает в начале этапа утонения в результате дополнительного нагружения опасного сечения заготовки усилием протяжки, что может привести к обрыву дна. Второй критический момент может наступить на конечном этапе вытяжки в результате увеличения степени утонения стенки при протягивании утолщенного края заготовки, что может привести к обрыву верхней (непротянутой через вытяжной зазор) ее части.

Для того, чтобы процесс комбинированной вытяжки протекал с оптимальным расчленением на стадии, необходимо использовать матрицу с конусной заходной частью. Диаметр входной кромки матрицы, при котором обеспечивается оптимальное расчленение на стадии процесса деформации заготовки заданного диаметра D_0 , определяется из условия равенства конической поверхности матрицы и боковой поверхности конического полуфабриката

$$D_0 = d_m \sqrt{(K_d - 1) \cdot \sin(\gamma) + 1}$$

Угол конусности γ рекомендуется принимать равным 13° , радиус входной кромки матрицы $r_m = (2 - 4)s$, радиус перехода конической поверхности матрицы в цилиндрическую равным нулю.

Эксперименты по вытяжке плоских заготовок из стали 08кп толщиной 0,72 мм и алюминия АДН толщиной 0,70 мм в коническую матрицу диаметром 33 мм показали, что с увеличением степени утонения K_s предельная степень вытяжки $K_{дп}$ вначале остается постоянной, а затем резко уменьшается (рисунок 1).

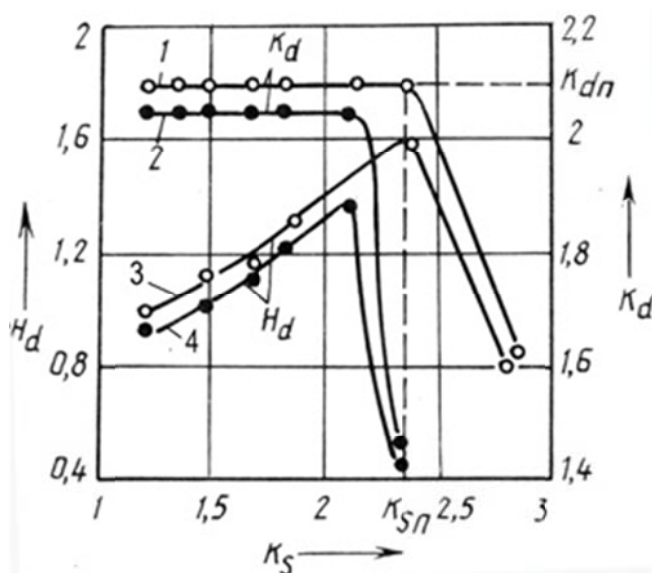


Рисунок 1 – Изменение степени вытяжки K_d и относительной высоты изделий H_d в зависимости от степени утонения K_s при комбинированной вытяжке заготовок из стали 08кп толщиной 0,72 мм (1,3) и алюминия АДН толщиной 0,70 мм (2,4)

Это объясняется тем, что при увеличении степени вытяжки увеличивается утолщение краевой части заготовки, а, следовательно, и действительная степень утонения. За предельную степень утонения $K_{СП}$ принимается та, при которой начинает уменьшаться коэффициент вытяжки K_d . Максимальная относительная глубина вытяжки H_{dmax} практически соответствует деформации заготовки с предельными степенями вытяжки и утонения. Комбинированная вытяжка позволяет получать изделия такой высоты, которая может быть достигнута за 2-3 перехода вытяжки без утонения или два перехода вытяжки с утонением (свертка + протяжка).

Ресурсосберегающая технология горячей штамповки прямозубых конических шестерен

Студенты группы 104411 Бондаренко А.Л., Тимоховцов П.И.

Научный руководитель – Карпицкий В.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Одним из важнейших направлений совершенствования кузнечно-штамповочного производства является разработка и внедрение в производство технологических процессов штамповки на универсальном оборудовании, обеспечивающих снижение расхода металла и получение точных высококачественных поковок. К таким процессам можно отнести технологический процесс горячей штамповки конических шестерен с зубьями и с модулем 4-8 мм в штампах на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) и горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Практика применения данной технологии показывает, что в зависимости от требований к точности размеров и чистоте поверхности зубьев конические шестерни 9 и 10-ой степени точности могут быть получены с окончательным оформлением рабочих поверхностей зубьев (с горячей калибровкой после штамповки) без последующей механической их обработки резанием. Увеличение точности зубьев до 6-7-ой степени точности предопределяет необходимость применения последующей чистовой механической обработки по профилю зубьев и, следовательно, штамповку конических шестерен в данном случае ведут с припуском по этим поверхностям.

В данной работе рассматривается и исследуется технологический процесс горячей штамповки поковок конической шестерни типа «Сателлит» на КГШП, которая применяется в тракторе «Беларус». Техпроцесс предусматривает изготовление поковки из легированной конструкционной стали марки 18ХГТ с предварительным нагревом заготовки в кузнечном индукционном нагревателе (КИН-51) с целью сведения к минимуму образования окалины и окисления поверхностных слоев. Маршрут изготовления поковки предусматривает штамповку за три перехода: осадка, предварительная штамповка с оформлением зубьев и окончательная штамповка с оформлением зубьев.

Эскиз штампа для объемной штамповки поковки представлен на рисунке 1.

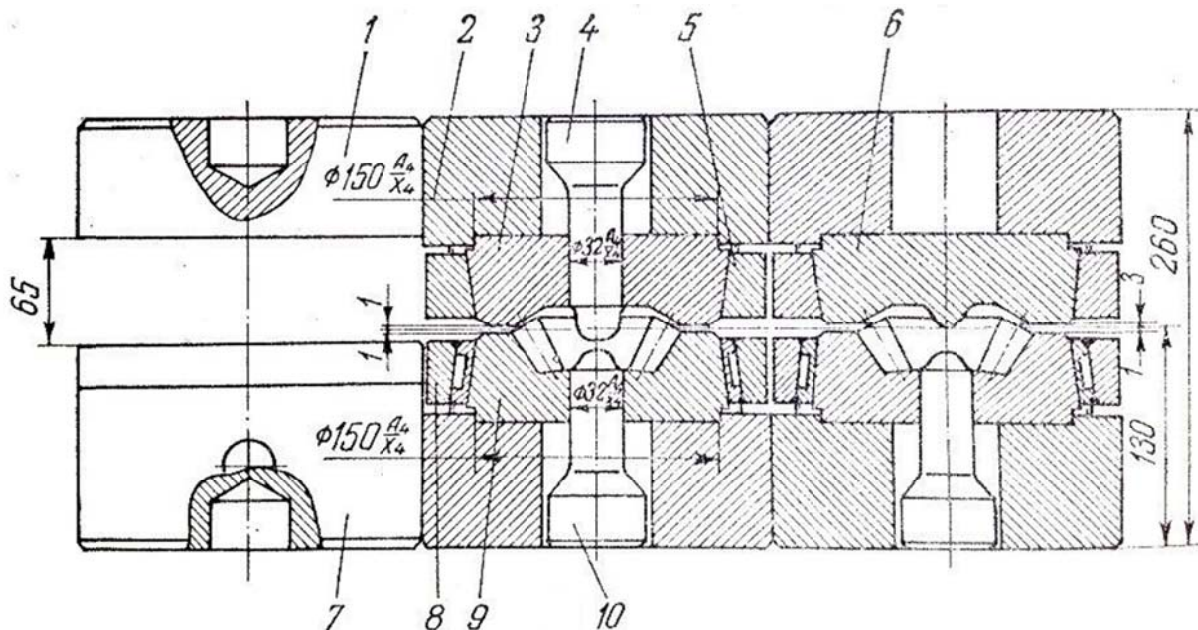


Рисунок 1 – Эскиз штампа для объемной штамповки поковок «Сателлит»

Выбор технологических переходов штамповки определяется, прежде всего, конфигурацией поковки и размерами исходной заготовки. Наилучшее заполнение ручья штампа происходит тогда, когда диаметр заготовки по своим размерам незначительно отличается от диаметра поковки. Выполнение указанных условий достигается применением операции осадка, обеспечивающей одновременно очистку заготовки от окалины. При проектировании осадочного ручья размеры осаженной заготовки устанавливаются такими, чтобы заготовка хорошо центрировалась в зубчатом вкладыше нижней части предварительного штамповочного ручья. Предварительной штамповкой достигается формообразование поковки конической шестерни с предварительным оформлением зубьев и образованием наметки под отверстие. В окончательном штамповочном ручье достигается четкое заполнение ручья штампа и обеспечивается получение требуемых размеров в соответствии с чертежом горячей поковки.

Осадочные вставки 1 и 7 первого перехода выполнены с плоскими рабочими поверхностями из стали марки 5ХГС с твердостью 363-415 НВ. Основными рабочими деталями второго перехода штампа являются конусообразные вкладыши 6 и 9, в нижнем вкладыше 9 выполнен зубчатый венец, который фиксируется цилиндрическими буртиками в опорных вставках 2 и зажимается крепежными обоймами 5 и 8 с помощью четырех болтов. В средней части фигуры имеются надшиватели 4 и 10, нижние надшиватели одновременно являются выталкивателями поковки из ручьев штампа после штамповки. Аналогично изготовлен комплект сборных вставок третьего перехода. Вкладыши и нижние выталкиватели второго и третьего переходов изготавливаются взаимозаменяемыми, что дает возможность увеличить срок службы штампа. Зубчатые вкладыши обоих ручьев изготавливают из стали марки 3Х2В8 с твердостью поверхности зубьев 58-62 HRC и твердостью остальной части вкладышей 375-429 НВ. Как видно из рисунка 1 зубчатые вкладыши в предварительном и окончательном ручьях штампа расположены в нижних сборных ручьевых вставках, что способствует лучшему центрированию зубьев поковки при переносе ее из ручья в ручей.

Новая технология штамповки поволоков шестерен с готовым зубом обеспечивает (по сравнению с традиционным способом механической нарезки зубьев):

- значительное увеличение коэффициента использования металла и уменьшение отходов металла в стружку на 25-45%;
- получение анизотропного металла, так как в процессе штамповки волокна не перерезаются, а повторяют очертания зубьев, в результате чего прочность зубьев на изгиб выше в среднем на 25-30%.

Металлургические технологии

Студент гр.104141 Горбачевский В.О.
Научный руководитель – Корнеев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Важной проблемой современного промышленного производства является утилизация и вторичное использование металлоотходов (рециклинг). Проблема переработки и вторичного использования низкосортных металлоотходов (стружки, окалины, скрапа, пыли металлургических производств, шлама и т.д.) имеет два одинаково важных аспекта: с одной стороны низкосортные металлоотходы – это постоянно накапливающиеся опасные отходы, захоронение которых создает реальную угрозу окружающей среде; с другой стороны, основным компонентом в них являются металлы – ценное и дорогостоящее сырье, которое наша страна целиком ввозит из-за рубежа (в Беларусь ежегодно ввозится около 2 млн. тонн различных металлов).

Все возрастающее накопление железосодержащих отходов, удорожание энергоресурсов и шихтовых материалов, ужесточение природоохранных нормативов приводят к необходимости поиска экономичных и эффективных способов и оборудования для переработки и возврата в производство (рециклинга) металлоотходов: стружки, металлургической пыли, окалины, мелкого низкосортного скрапа, шламов, обрезков проволоки и т.п.

По ориентировочным оценкам вновь образующиеся металлоотходы, например, в Беларуси, составляют 250 тыс. т в год, в отвалах нашей страны на сегодняшний день накоплено не менее 8-10 млн. тонн различных, в большей мере сильно окисленных металлоотходов. Проблема утилизации железосодержащих отходов является актуальной во всем мире. Например, в Российской Федерации накоплено более 450-550 млн. тонн металлоотходов, ежегодно образуется около 3,5 млн. т, а перерабатывается только 5 % от этого количества. Очевидно, что металлоотходы представляют собой ценное металлургическое сырье, в котором содержание основного металла может достигать до 75-90%.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время в мире разработан и проходит проверку в производственной практике ряд способов рециклинга, однако все они, за исключением традиционного доменного переплава, находятся в лучшем случае на стадии опытно-промышленных установок многотоннажного производства. Специфика решения этой проблемы в Республике Беларусь обусловлена наличием большого количества небольших по объему источников подобных отходов, что увеличивает трудности со сбором, транспортировкой, унификацией их по видам и химическому составу и, соответственно, осложняет переработку и повторное использование металлоотходов. Основную долю (до 90%) металлоотходов составляют отходы черных металлов.

В работе на основе анализа существующей технической литературы рассмотрены принципы и способы переработки различных отходов, которые можно разделить на две категории (первая – стружка (чугунная и стальная), скрап, проволока и другие металлоотходы; вторая – оксидные материалы, к которым относятся окалина, пыль систем аспирации, шламы и другие отходы, в которых железо присутствует в виде FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4).

Стружка металлов (чугунная и стальная). Приведены методы обезвоживания и обезмасливания стружки, показана их эффективность. Рассмотрены методы холодного и горячего брикетирования стружки и возможность дальнейшего использования брикетов в различных технологиях получения чугуна и стали, а также эффективность и особенности использования стружки черных металлов без предварительного брикетирования в ваграночном процессе, в электродуговых и индукционных печах. Отмечено, что рециклинг дисперсных металлоотходов без предварительного брикетирования или окускования представляется бо-

лее простым технологически и не требующим значительных капиталовложений. Работы в этом направлении привели к созданию систем Redsmelt, Hismelt, Ромелт и некоторых аналогичных. Отмечены альтернативные способы переплава дисперсных оксидных материалов в связи с разработкой ротационных печей, на которые получены патенты Республики Беларусь (патент РБ № 2428 от 03.10.2005 г. «Ротационная установка для термообработки и сушки дисперсных и кусковых материалов», авторы Ровин Л.Е., Валицкая О.М., Ровин С.Л.; патент РБ № 2770 от 01.03.2006 г. «Ротационная наклоняющаяся установка для плавки дисперсных и кусковых материалов», авторы Ровин Л.Е., Валицкая О.М., Ровин С.Л.).

Показан опыт использования металлоотходов в виде стружки на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь.

Прокатная окалина. Проанализированы методы твердофазного восстановления, приведены данные по скорости восстановления в зависимости от температуры, вида восстановителя, размера окалины и восстановителя. Показано, что полученный из окалины материал по химическому составу аналогичен доменному чугуна и может использоваться вместо дорогостоящего передельного чугуна.

Также рассмотрено использование металлоотходов при строительстве металлургических мини- и микро-заводов. Основное внимание уделено тенденциям строительства мини-заводов, возможности использования металлоотходов в виде стружки, шламов, прокатной окалины при выборе соответствующего плавильного оборудования (установки Ромелт, Корекс).

УДК 621.74

Использование вторичных энергетических ресурсов в промышленности

Студенты: гр.104141 Касперович П.Л., гр.10405312 Спиридович А.Е.
Научный руководитель – Менделев Д.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Анализ мирового потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) по отдельным видам топлива показывает устойчивую тенденцию роста. Так в 2006 г. мировое потребление составляло 16-17 млрд. т у.т., в 2010 г. – 18 млрд. т у.т., к 2020 г., по прогнозным показателям объем потребления топлива для всех видов деятельности возрастет до 22,0...23,0 млрд. т. у.т. При этом в Республике Беларусь потребление находится на уровне 37,0 – 38,0 млн. т.у.т.

Одним из важнейших направлений экономии топливно-энергетических ресурсов является создание безотходных и малоотходных технологий с точки зрения потребления ТЭР, в которых используется энергия реакции технологических процессов для получения полезной продукции. Вместе с тем, в настоящее время и в ближайшей перспективе еще будут существовать технологические процессы с материальными и энергетическими отходами. Под вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР) понимают энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся при технологических процессах, в агрегатах и установках, который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использоваться для энергосбережения других агрегатов (процессов).

ВЭР промышленности делятся на три основные группы:

- горючие;
- тепловые;
- избыточного давления.

Горючие (топливные) ВЭР – химическая энергия отходов технологических процессов химической и термехимической переработки сырья включая побочные горючие газы плавильных печей (доменный газ, колошниковый, шахтных печей и вагранок, конверторный и т.д.);

Тепловые ВЭР – это тепло отходящих газов при сжигании топлива, тепло воды или воздуха, использованных для охлаждения технологических агрегатов и установок, теплоотходов производства, например, горячих металлургических шлаков.

ВЭР избыточного давления (напора) – это потенциальная энергия газов, жидкостей и сыпучих тел, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением (напором), которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования этих жидкостей, газов, сыпучих тел или при выбросе их в атмосферу, водоёмы, ёмкости и другие приёмники. Сюда же относится избыточная кинетическая энергия.

Различают следующие основные направления использования потребителями ВЭР:

топливное – непосредственно в качестве топлива;

тепловое – непосредственно в качестве тепла или выработки тепла в утилизационных установках;

силовое – использование электрической или механической энергии, вырабатываемой из ВЭР в утилизационных установках;

комбинированное – тепловая и электрическая (механическая) энергия, одновременно вырабатываемые из ВЭР в утилизационных установках.

УДК 621.74.08

Способы модернизации выплавки стали в ДСП

Студенты: гр.104151 Коваленко Д.А., гр. 10405412 Кузьмин Е.Ф.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Продолжающийся рост спроса на сталь в мировом масштабе требует проведения работ по модернизации, а также оптимизации производственной мощности и объемов производства. В то же время важно снизить затраты как при инвестировании, так и во время всего периода эксплуатации, а также снизить воздействие, оказываемое печью на окружающую среду.

В работе на основе анализа технической литературы рассмотрены следующие способы модернизации дуговых сталеплавильных печей большой емкости.

Подогрев шихты в загрузочных «бадьях-термосах». Согласно имеющимся в литературе расчетам нагрев шихты до 700 °С позволяет экономить около 150-200 кВт·ч/т (без учета потерь при перегрузках и простоях). При этом экономический эффект может быть существенно увеличен за счет таких дополнительных и сопутствующих мероприятий, как сокращение удельного расхода электродов (примерно на 20 %), снижение затрат на футеровку, уменьшение объема выбросов, прежде всего, пыли, примерно на 25–30 % и соответствующее снижение затрат на очистку.

Например, окупаемость установок ВПШ на базе «бадей-термосов» составляет 3 – 6 месяцев в зависимости от объема производства и конъюнктуры цен на энергоносители. Провести модернизацию производства жидкого металла путем внедрения автономных установок такого типа можно без остановки основного оборудования. Кроме того, внедрение установки ВПШ обеспечивает повышение безопасности плавки, устойчивости работы дуги, снижение уровня шума, устранение неорганизованных выбросов вредных веществ в рабочую зону.

Дуговые сталеплавильные печи с подогревом шихты в шахте. Подогрев шихты во время плавки осуществляется отходящими газами, теплом, выделяемым при дожигании недоокисленного углерода, водорода, и частично – энергией от источника тока. Такие печи

работают на постоянном и переменном токах. В указанных печах электроды и шахту с шихтой размещают сверху в сводовой области над ванной. Газы, проходя через шахту с шихтой, прежде чем выйти из печного устройства, отдают значительную часть тепла на ее подогрев и затем подвергаются очистке до пределов, обеспечивающих экологические требования. Расчеты показали, что подогрев шихты, например, до 500°С позволяет снизить удельный расход электроэнергии примерно на 90-100 кВт·ч/т. Однако, указанные технологии имеют и недостатки: суммарный повышенный расход расщепленных углеродосодержащих электродов вследствие роста их окисляемой поверхности и соответственно роста сублимации углерода, а также конструктивное усложнение подовой части тракта отвода тока.

Использование физического тепла части металла и шлака, оставляемого от предыдущей плавки («болото»). Анализ имеющихся литературных источников показал, что наличие в печи 10-15 т металла и 2-5 т шлака позволяет сократить продолжительность плавки для условий ДСП большой емкости на 7-15 мин. Находящиеся в печи остатки жидкой стали и богатые кислородом шлаки дают возможность при использовании кислорода за более короткое время получить быстро реагирующие шлаки для дефосфорации. Кроме того, сохраняется энергия оставшихся в печи шлаков, а их наличие в свою очередь, способствует десульфурации. При работе с жидкой ванной и пенистым шлаком реакции между шлаком и металлом находятся к равновесному состоянию ближе, чем при обычном процессе. Концентрация газов в металле снижается, сталь меньше окисляется. К настоящему времени накоплен опыт использования "болота" на уровне 20 – 24 %, в печах «Consteel» — на уровне 50 % и более.

Выплавка стали в ДСП с использованием жидкого чугуна. Такой способ выплавки стали реализуется в условиях предприятий с полным металлургическим циклом. Применение жидкого чугуна позволяет сократить расход электроэнергии примерно на 5 кВт·ч/т при добавлении 1% жидкого чугуна к шихте, но в то же время приводит к значительному увеличению расхода извести (из-за высокого содержания в чугуне углерода, марганца и кремния). В технической литературе имеется некоторый разброс данных по оптимальной доле жидкого чугуна, что определяется соотношением мощности трансформатора и интенсивностью вдувания кислорода. Вместе с тем, в литературе представлены данные об использовании жидкого передельного чугуна в количестве более 80% от массы металлошихты, что позволяет сократить расход электроэнергии с 300...320 кВт·ч/т до 200...210 кВт·ч/т и электродов с 1,2...1,3 кг/т до 1,0...1,1 кг/т.

Увеличение мощности трансформатора. В современных ДСП мощность трансформатора составляет 95-100 МВ·А. Вместе с тем в настоящее время реализуются проекты строительства ДСП с мощностью трансформатора 140 – 160 МВ · А (или 1 МВ · А мощности соответствует 1 т получаемой стали), обеспечивающие продолжительность плавки на уровне 30 мин.

УДК 669.1

Пути модернизации методических нагревательных печей

Студент гр.104151 Капленко В.С.
Научный руководитель – Менделев Д.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Методические печи металлургического и машиностроительного производства с точки зрения автоматизированного управления являются сложными технологическими с распределенными параметрами агрегатами.

В работе на основании имеющихся литературных источников выполнен анализ основных направлений модернизации и реконструкции методических печей, обеспечивающих

повышение эффективности тепловой работы. Учитывая особенности тепловой работы методических печей, функционирующих в условиях металлургического и машиностроительного производства Республики Беларусь, рассмотрены два направления модернизации:

I. Снижение топливопотребления нагревательными и термическими печами на машиностроительных предприятиях, включая:

- использование систем рекуперации теплоты уходящих газов (подогрев воздуха горения до температур 200...400 °С увеличивает коэффициент полезного действия печи на 15...20 % и снижает удельный расход топлива на 15...25 %);

- снижение потерь теплоты через ограждения печи и на аккумуляцию теплоты обмуровкой для печей периодического действия (позволяет повысить к.п.д. на 6...8% и сэкономить 25...30 % и более топлива);

- использование современных газогорелочных устройств с автоматическим регулированием соотношения «газ-воздух» (повышает к.п.д. на 4...6 % и обеспечивает экономию топлива до 10 %), а также применение регенеративных и рекуперативных горелок;

- автоматизация теплового режима работы печи (экономию топлива до 15%);

- сокращение продолжительности тепловой обработки (за счет интенсификации теплообмена), что позволяет сократить удельный расход теплоты на 12...15 %, причем без каких-либо существенных дополнительных затрат на действующем оборудовании;

- создание экономичных тепловых режимов.

- оптимизация загрузки; оптимизация теплового режима;

- сокращение продолжительности холостого хода (работа печи без металла);

- соблюдение режимно-эксплуатационной и нормативно-производственной дисциплины.

II. Совершенствование тепловых режимов методических печей на металлургических предприятиях, включая:

- уменьшение теплового дефицита металла;

- снижение потерь теплоты из рабочего пространства печи через футеровку и окна в окружающую среду, а также на разогрев футеровки до рабочей температуры (в случае простоя печи);

- повышение коэффициента использования теплоты топлива;

- рациональное перераспределение тепловой нагрузки по длине методической печи.

Показано, что разработка рациональных режимов тепловой обработки металла в методических печах базируется на использовании системного анализа, предусматривающего применение методов математического моделирования, адаптацию математических моделей по результатам экспериментальных исследований и проведение многочисленных расчетов с целью выбора оптимальных режимов.

УДК 621.745.669.13

Эффективность использования дутья, обогащенного кислородом, в нагревательных и термических печах

Студент гр. 104140 Кобрин П. В.

Научный руководитель – Ратников П.Э.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В настоящее время к числу прогрессивных технологий топливоиспользования в энергетике и промышленности следует отнести топливо-кислородные и комбинированные топливо-электрические. Топливо-кислородный источник энергии является результатом технического прогресса техники 20 века и открывает следующие возможности:

- снижение выноса технологических материалов и загрязнения окружающей среды, снижение общих габаритов и конструктивных схем установок;
- резкое снижение удельного выхода продуктов сгорания;
- снижение расхода топлива и, соответственно, выбросов вредных и парниковых газов.

По сравнению с топливно-воздушным источником энергии топливно-кислородный (топливно-воздушно-кислородный) обеспечивает более высокий темп снижения удельного расхода топлива, так замена воздуха кислородом на 500 – 900 °С повышает температуру газовых топлив, в 3,5 раза уменьшает объем продуктов сгорания и количество уносимого ими тепла при одинаковой температуре на выходе из печи и почти в 2 раза повышает излучательную способность факела. Эти свойства газокислородного пламени создают предпосылки для широкого применения кислорода в процессах сжигания топлив, и в первую очередь, в нагревательных и термических печах. В тоже время обогащение воздушной смеси кислородом приводит к повышению температуры в рабочем пространстве и к росту образования оксидов азота (NO_x). В данной работе проанализированы исследования энергетической, экологической и экономической эффективности применения топливно-кислородных технологий в теплогенерирующих установках (котлы, нагревательные печи и т.д.).

Анализ результатов использования обогащенного дутья в теплогенерирующих установках и нагревательных печах показали, что по мере увеличения содержания кислорода в исходной смеси при прочих равных условиях, объем NO в продуктах сгорания уменьшается. При концентрации 40% O₂ в подаваемом на горение воздухе объем выбросов NO сокращается на 12%, а при повышении содержания кислорода до 50% – на 21,5%.

Установлено, что обогащение воздуха горения кислородом выше 40-50 % O₂ малоэффективно, так как по мере роста концентрации O₂, прирост коэффициента использования топлива резко уменьшается и одновременно увеличиваются затраты на производство кислорода. Таким образом, с точки зрения экологии применение кислорода для обогащения воздушного дутья при сжигании топлива в котлах и промышленных печах является целесообразным и позволит существенно сократить объемы выбросов NO_x в окружающую среду.

Сокращение массового расхода дымовых газов может привести к снижению требуемой мощности газоочистных систем (например, пылеулавливающего оборудования или систем очистки дымовых газов от NO_x, если необходимость в таких системах сохраняется) и соответствующего энергопотребления.

Проведен анализ применения топливнокислородных технологий в промышленности и энергетике. По сравнению с топливно-воздушным источником энергии топливно-кислородный обеспечивает более высокий темп снижения удельного расхода топлива. Замена воздуха кислородом на 500 – 900 °С повышает температуру газовых топлив, в 3,5 раза уменьшает объем продуктов сгорания и количество уносимого ими тепла при одинаковой температуре на выходе из печи и почти в 2 раза повышает излучательную способность факела.

Примеры применения кислорода в процессах нагрева металла в печах за рубежом подтверждают данные результаты: увеличение производительности печей, снижение удельного расхода топлива, снижение образования окалины, снижение вредных выбросов при определенных условиях сжигания, упрощение конструкции и эксплуатации печи, возможность отказа от рекуператоров и регенераторов, высокую маневренность производства.

Таким образом, с учетом перспектив развития мирового рынка энергоресурсов и ростом цен на природный газ уже сейчас необходимо активно рассматривать возможности внедрения кислородных технологий на производстве. Прежде всего, это касается предприятий металлургического и машиностроительного комплекса, где эксплуатируются высокотемпературные газопламенные печи. Для решения поставленной задачи следует создать новые конструкции газогорелочных устройств и разработать мероприятия, обеспечивающие безопасность производства при использовании кислорода.

Рециклинг шламов и шлаков в металлургическом и машиностроительном производстве

Студенты: гр.104141 Ковбасюк А.И., гр.10405312 Васильев С.Н.
Научный руководитель – Кабишов С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На металлургических и машиностроительных предприятиях образуются отходы, включающие наряду с производственными отходами (брак, отходы литниковых систем и др.) шламы (пыли), шлаки и др. Для условий промышленного производства Беларуси среди отходов можно выделить шлаки, шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства.

В работе рассмотрены основные характеристики шламов (химический и гранулометрический состав, плотность, влажность, удельный выход и др.). Приведены основы переработки и использования пылей и шламов, включая обезвоживание осаждением, фильтрование в аппаратах различного типа и при необходимости термическую сушку.

Рассмотрены особенности технологии переработки сталеплавильных шламов, включая зарубежный опыт. Показано, что состав шламов газоочисток электросталеплавильных печей изменяется в широких пределах в зависимости от марок выплавляемых сталей. При этом на удельный выход шлама от электропечей оказывает влияние ряд факторов (состав шихты, интенсивность подсоса воздуха в пространство печи, применение кислорода для продувки стали, емкость печи и др.).

Проанализирован опыт улавливания пыли на ДСП в условиях металлургических предприятий Российской Федерации.

Показано, что перспективными представляются технологии утилизации пыли электросталеплавильного производства в подовых вращающихся печах при получении высокометаллизированного продукта (губчатого железа) и пыли с высоким содержанием оксидов цинка и свинца при их отсутствии в основном продукте. Способ переработки шламов следует выбирать для каждого металлургического завода в соответствии с характеристиками образующихся отходов.

Анализ использования мелкодисперсных отходов электросталеплавильного производства показал, что в основном целесообразно использовать отходы на предприятиях, где они образуются.

Рассмотрены также принципы организации безотходных и малоотходных технологий в металлургическом производстве, включая такие важнейшие аспекты как экологический, ресурсный, технологический и технический, экономический и организационный.

Основными путями утилизации шлаков сталеплавильного производства образующихся на предприятиях с полным металлургическим циклом и на мини-металлургических предприятиях, являются:

- 1) извлечение металла;
- 2) получение железифлюса для вагранок и аглодоменного производства;
- 3) получение щебня для дорожного и промышленного строительства;
- 4) использование основных шлаков в качестве известковых удобрений (шлаковой муки) для сельского хозяйства;
- 5) использование фосфорсодержащих шлаков для получения удобрений для сельского хозяйства;
- 6) вторичное использование конечных сталеплавильных шлаков.

Пути модернизации вагранок с целью повышения конкурентоспособности продукции

Студент гр.104151 Любин Д.А.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основными направлениями развития ваграночного процесса являются разработка ресурсосберегающих технологий плавки с применением заменителей кокса, интенсификация ваграночного процесса, основанная на разработке комплекса мероприятий по определению влияния подогрева и увлажнения дутья на температуру получаемого расплава, обогащению дутья кислородом. Анализ путей модернизации ваграночного процесса, выполненный на основании имеющихся литературных источников, показал, что на сегодняшний день вагранка не исчерпала полностью своих ресурсов и при создании современных ваграночных комплексов имеется возможность переработки отходов металлургического производства на основе брикетирования коксовой и угольной мелочи с железосодержащими компонентами.

Проанализированы технологии, позволяющие в той или иной степени перерабатывать побочные продукты и отходы основного металлургического производства, при этом большинство технологий обладают такими недостатками, как жесткие требования к подготовке сырья, ограничения по используемым энергоносителям, видам утилизируемых отходов и др.

В работе рассмотрены особенности технологии ОХУ Сур, впервые реализованной в промышленном масштабе на заводе в Германии. Печь ОХУ Сур является модификацией доменной печи, при этом средняя часть печи (шахта) предназначена для предварительного нагрева шихтовых материалов и завершается зоной расплавления металла и шлака. В нижней части (горн) размещаются металлоприемник и устройство для разделения металла и шлака. В отличие от обычной доменной печи, в печи ОХУ Сур металл и шлак выдаются непрерывно в ковши или миксеры.

В зависимости от качества шихтовых материалов и технического состояния оборудования, процесс характеризуется следующими расходными коэффициентами (на 1 т чугуна):

- расход горячего дутья – 1100-1200 м³;
- расход кислорода – 150-200 м³;
- расход кокса – 200-300 кг.

Химический состав продуктов плавки приведен ниже:

Чугун: содержание углерода – 3,71-4,33%, содержание кремния – 0,52-1,10%, содержание серы – 0,07-0,48%;

Шлак: содержание SiO₂ – 39-40%, CaO – 36-37%, Fe – 1,5%, основность – 0,95.

В процессе работы указанной печи было подтверждено, что наряду с окалиной в виде мелких фракций в процессе выплавки чугуна возможно использовать крупнокусковой металлосодержащий материал (например, настывшие от обработки шлака, десульфурационный шлак и другие металлосодержащие материалы размером до 600 мм).

Преимущества технологии ОХУ Сур (высокая производственная гибкость в отношении шихты и длительности производственного цикла; более низкая себестоимость чугуна по сравнению с доменным процессом; использование побочных металлосодержащих продуктов и др.) обеспечили коммерческое внедрение процесса на металлургических предприятиях Европы и возможность использования технологии в условиях металлургических и машиностроительных предприятий стран СНГ.

Студент гр.104151 Мороз Д.С.
Научный руководитель – Корнеев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В работе на основе анализа литературных источников рассмотрены существующие (традиционные) и альтернативные процессы получения чугуна. Показано, что, несмотря на прогнозы (в период 1990-2000 гг.), в соответствии с которыми предполагалось активное вытеснение доменного процесса альтернативными способами получения чугуна, в настоящее время основным и преобладающим технологическим процессом по-прежнему остается доменное производство, которое производит около 85% мирового объема чугуна. При этом отмечено, что конкуренты доменной печи являются не принципиально иными агрегатами, а ее частями (чаще всего шахтой или горном), взятыми отдельно.

Анализ существующего положения в настоящее время показывает, что альтернативное производство чугуна, хотя и увеличилось, развивается, тем не менее, параллельно с доменным процессом в соотношении 1:100 для процессов Cogex/Finex и в соотношении 1:10 для прямого восстановления (горячбрикетированное железо).

Рассмотрены основные недостатки доменного процесса:

1. Экологические последствия;
2. Необходимость использования в качестве топлива лишь каменноугольного кокса;
3. Возможность использования только кускового материала.

Кроме того, перед доменным производством, как и перед любым другим, стоят проблемы экономического характера: стабильного обеспечения сырьем, опережающий рост цен на кокс, железорудные материалы, флюсы, ужесточающиеся требования к качеству продукции. Именно в этих трех направлениях и идет совершенствование и модернизация доменного процесса.

Одним из путей снижения экологической нагрузки будет являться дальнейшее повышение доли окатышей в доменной шихте вместо агломерата как продукта более вредного. Особенно это актуально для стран СНГ, характеризующихся значительной долей устаревших агломерационных агрегатов, наносящих большой ущерб окружающей среде. Что касается кокса, то классический процесс его производства достиг своей конечной стадии развития, т.е. созданы большие печи, обеспечена предварительная обработка загружаемого угля, используется сухое тушение кокса и т.д. При модернизации доменного производства наибольшее распространение получает использование вдувания пылеугольного топлива (ПУТ). Расход ПУТ до 200 кг/т чугуна позволяет достигнуть удельного расхода кокса < 350 кг/т чугуна, т.е. 320-330 кг/т (по традиционной технологии 550-750 кг/т). В качестве интенсификатора плавки используют также природный газ, т.е. одновременное вдувание в горн доменной печи природного газа и кислорода (комбинированное дутье). Это позволяет снизить расход кокса на 10 кг/т и более.

Представлена классификация способов внедоменного производства чугуна, их преимущества и недостатки, степень развития и промышленного внедрения. Оценку преимуществ и недостатков внедоменного получения чугуна с использованием процесса жидкофазного восстановления железа целесообразно осуществлять с использованием показателей по расходу энергоносителей и теплового КПД. Проанализированы тенденции развития процесса Корекс, являющегося наиболее промышленно освоенным, приведен баланс сырья, топлива, энергоресурсов и получаемых продуктов на 1 т чугуна.

По данным технической литературы выполнена оценка себестоимости получаемого чугуна по технологии Корекс и показано, что она находится между себестоимостью чугуна, выплавляемого на печах малого и большого объема, т.е. она меньше, чем на доменных печах малого объема и больше, чем на доменных печах большого объема. Одним из путей снижения себестоимости чугуна Corex и его преимуществом является использование в качестве сырьевых материалов руды и углей практически любого качества, а также металлургических отходов (стружка, окалина и др.) и дешевых видов топлива. Опыты, проведенные на модулях Corex, функционирующих на металлургических предприятиях Индии и Южной Африки, показали, что мелкие металлургические отходы, включая замасленную окалину, можно загружать непосредственно в плавильную печь-газификатор. Возможна загрузка в печь-газификатор Corex и предварительно окускованных отходов, включающих кроме железосодержащих материалов, угольную мелочь, пластмассы, органические отходы, измельченные шины и замасленную окалину.

Сравнение некоторых показателей доменной плавки и в установке Корекс приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели доменной плавки и установки Корекс

Качество чугуна	Доменная печь	Корекс
Температура, °С	1497-1517	1485-1525
Приход серы в печь, кг/т	4,8	4,7
Содержание золы в коксе/угле	11,0-11,4	13,6-20,4
Теоретическая температура горения топлива на фурмах, °С	2200	3300

Также рассмотрены принципы работы и технико-экономические показатели получения чугуна по технологиям HIs melt, ITmk3, Finex и др.

Среди процессов бескоксовой металлургии можно выделить три группы:

- 1) с низкими капитальными затратами и низкой себестоимостью полупродукта (наиболее эффективная группа процессов в случае реализации): Мидрекс и Хил;
- 2) с высокими капитальными затратами и низкой себестоимостью полупродукта: Корекс и ITmk3;
- 3) с высокими капитальными затратами и высокой себестоимостью полупродукта: Хисмелт и доменный процесс.

УДК 621

Анализ систем компьютерных программ для моделирования металлургических процессов

Студентка гр. 104142 Копылева В.В.

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Белорусский национальный технический университет

Г. Минск

Компьютерное моделирование – один из самых мощных инструментов познания, анализа и проектирования, которым располагают специалисты, ответственные за разработку и функционирование сложных металлургических технологий и производств. На сегодняшний день мировыми разработчиками профессионального программного обеспечения созданы сотни систем компьютерного моделирования (далее – СКМ) технологических процессов в таких областях промышленности как металлургическое и литейное производства, сварочное производство, объемная и листовая штамповка, термическая обработка и др.

В настоящее время СКМ, используемые в металлургическом производстве, характеризуются широким спектром решаемых задач и функциональными особенностями. Наиболее часто выделяют следующие их основные типы: CAD, CAM, CAE системы.

Самая основная функция CAD – определение геометрии моделируемого объекта, поскольку геометрия определяет все последующие этапы жизненного цикла продукта. Для этой цели обычно используются системы разработки рабочих чертежей и геометрического моделирования. Вот почему эти системы обычно считаются системами автоматизированного проектирования (САПР). Более того, геометрия, определенная в этих системах, может использоваться в качестве основы для дальнейших операций в системах CAE и CAM.

Автоматизированное производство (CAM) – это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для планирования, управления и контроля операций производства через прямой или косвенный интерфейс с производственными ресурсами предприятия. Одним из наиболее зрелых подходов к автоматизации производства является числовое программное управление (ЧПУ), которое заключается в использовании запрограммированных команд для управления оборудованием.

Автоматизированное конструирование (CAE) – это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для анализа геометрии CAD, моделирования и оптимизации его конструкции. Средства могут осуществлять множество различных вариантов анализа технологии.

По функциональным возможностям CAD/CAM систем их принято условно делить на три уровня – легкие, среднего и высокого уровня (тяжелые). К высшему уровню можно отнести системы комплексного трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического моделирования с широким набором специализированных модулей, библиотеками, средствами анализа, управления проектом, разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, возможностью оформления чертежей, обмен данными, и т.д. Основные представители на рынке:

- CATIA (Dassault Systemes)
- NX (Siemens PLM Software)
- Pro/ENGINEER (Parametric Technology Corp.)

Между системами высшего и низшего уровня существует целый ряд систем, обладающих развитыми функциональными возможностями при доступной (для предприятий среднего и малого бизнеса), стоимостью. Такого рода системы являются системами так называемого среднего уровня. К ним, условно, можно отнести следующие программные продукты:

- Autodesk Inventor (Autodesk)
- SolidWorks (Dassault Systemes)
- SolidEdge (Siemens PLM Software)
- КОМПАС-3D (АСКОН)
- T-Flex (Топ Системы)
- IronCAD (IronCAD)
- KeyCreator (Kubotek USA)
- ADEM CAD/CAM (Omega ADEM Technologies Ltd)
- Delcam (Delcam PLC)

В настоящее время системы среднего уровня очень популярны и поэтому быстро развиваются, приближаясь по своим возможностям к САПР высшего уровня. Сравнить напрямую данные программные продукты, (как и “тяжелые” САПР), нельзя, так как они имеют в своём составе различные приложениями (прикладные программы), расширяющими их функциональные возможности.

К системам нижнего уровня (условно) можно отнести такие программные продукты, как:

- AutoCAD, AutoCAD Mechanical, AutoCAD LT (Autodesk)

- T-FFLEX CAD 2D (Топ Системы)
- КОМПАС-ГРАФИК (АСКОН)

Такие системы могут располагать некоторыми трехмерными возможностями, библиотеками, средствами визуализации проекта. Но у них нет тех мощных инструментов и возможностей, которыми обладают системы среднего и высокого уровней. Эти продукты проще в использовании и дешевле.

Сегодня в мире насчитывается более десяти САЕ-систем автоматизированного моделирования металлургических и литейных процессов. Специалистам хорошо известны зарубежные программы ProCAST и MAGMASOFT, SolidCast, CastCAE и WinCast. Две разработки – "Полигон" и LVMFlow – имеют российское происхождение. Эти системы позволяют проводить гидродинамические расчеты, выполнять расчет температурных полей при кристаллизации, напряжений и остаточной деформации, моделирование структуры (зеренная структура, распределение феррита и перлита, размер графитных включений и т.п.), вероятность появления дефектов в изделиях из различных металлов и сплавов.

УДК 621.1.016

Альтернативные способы производства металлизированного сырья

Студентка гр.104141 Поротикова М.А.
 Научный руководитель – Трусова И.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Металлизированное сырье является очень чистым и высококачественным сырьем, используемым для производства качественных марок стали в электросталеплавильном производстве. Использование металлизированного сырья имеет следующие достоинства: химический состав металлизированного сырья точно известен, однороден, отсутствуют нежелательные примеси; увеличивается производительность дуговой сталеплавильной печи; при плавлении меньше шума; допускается расширение производства при минимальных капитальных затратах.

Для оценки возможности получения металлизированного сырья в работе выполнен анализ мировых месторождений железной руды различного качества, основных импортеров и экспортеров. Показано, что основная часть этого сырья (до 78 %) поставляется из пяти стран-лидеров: Китая, Бразилии, России, Австралии и Индии.

Основным процессом для получения металлизированного сырья в настоящее время является Мидрекс-процесс, который был разработан в 1965-1967 гг. американской фирмой «Мидленд-Росс» (Midland Ross corp.), впоследствии в 80-х годах в России (на Оскольском электрометаллургическом комбинате), был построен крупнейший в Европе цех с четырьмя печами «Мидрекс» общей производительностью 1,7 млн. т в год, сегодня мощность цеха составляет 2,2 млн. т в год. В настоящее время установки Midrex действуют на многих предприятиях крупнейшей металлургической компании ArcelorMittal, расположенных в Германии, Канаде, Мексике, ЮАР и др. с суммарной мощностью около 5,6 млн. т. в год.

Рассмотрены принципы работы установок «Мидрекс», основные тенденции и перспективы развития процесса.

Вторым наиболее развитым процессом (после «Мидрекс») является процесс HYL-III (ХИЛ-3) газового восстановления, реализованный на десяти заводах в восьми странах (эксплуатируется 16 модулей) суммарной мощностью 10,5 млн. т. (или более 14 % мирового производства). Такие установки работают в Мексике, Венесуэле, Бразилии, Саудовской Аравии, Индонезии, Индии, Иране, ОАЭ, Египте и Малайзии. Единственный в Европе завод по производству горячих металлобрикетов из железорудного сырья по технологии HYL-III по-

строен в конце 90-х годов XX века (1999 г.) на Лебединском ГОКе (Белгородская область) мощностью 1 млн. т в год.

Рассмотрены также другие альтернативные процессы получения металлized сырья (технология «Finmet», «Finmet» Megatrains, Danarex и др.), проанализированы их достоинства и недостатки, область применения, степень внедрения и использования в промышленных масштабах.

В связи с ужесточением экологического контроля за металлургическим производством и, одновременно, в связи с необходимостью иметь шихтовые материалы, чистые от примесей цветных металлов, масштабы внедомного производства железа непрерывно растут, одновременно расширяется и фронт исследовательских работ в этом направлении.

Следует отметить, что производители губчатого железа в течение нескольких последних лет работали в очень благоприятных условиях, что объясняется совместным действием следующих факторов:

- дефицитом скрапа на мировом рынке;
- проявляющейся в черной металлургии тенденцией использования железа прямого восстановления в качестве шихты для электродуговых печей, особенно при производстве высококачественных сталей;
- увеличением производства стали в мире.

Исходя из существующих планов строительства предприятий в мировой черной металлургии, производство окатышей во вновь построенных цехах и заводах достигнет к 2015-2016 гг. 160 млн.т. Около половины этого прироста приходится на окатыши для прямого восстановления, остальную часть составляют окатыши для доменных печей. В результате рост производства железа прямого восстановления будет ограничен уровнем 55 млн.т/год. Из этого следует, что в ближайшие 10 лет в мире будут сооружены и введены в эксплуатацию 30-40 новых цехов по прямому восстановлению железа.

По прогнозам Midrex Technologies, к 2020 году мировой выпуск DRI достигнет 120 млн т, т. е. увеличится по сравнению с 2010 годом более чем на 70 %. Отметим, что в настоящее время суммарные производственные мощности по выпуску прямовосстановленного железа даже с учетом законсервированных и строящихся модулей составляют около 90,4 млн т продуктов в год.

УДК 669.1

Анализ систем очистки уходящих газов при выплавке стали

Студент гр.104141 Цвирко Е.А.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электросталеплавильное производство является одним из производств, выбрасывающих большое количество пыли и других загрязняющих веществ, величина которых зависит от применяемого сырья, технологического режима плавки, использования интенсификаторов и способа отвода газов от печи. Выход технологических газов от ДСП определяется сгоранием углерода шихты и электродов, разложением необожженной части известняка и подсосом атмосферного воздуха в печь. Количество и состав пылевых выбросов от ДСП различается в зависимости от применяемой технологии, но вместе с тем состоит преимущественно из оксидов железа (в период расплавления суммарное количество составляет около 80%, в период кипения при продувке кислородом – 62%, в период доводки – 53%). Состав газовых выбросов определяется воздействием высокой температуры (за счет возникновения электрической дуги), что приводит к образованию оксида углерода, оксидов азота и серы, цианидов и фторидов.

Современные крупнотоннажные дуговые сталеплавильные печи, получающие все большее распространение в последние годы, имеют емкость более 100 т, при этом продолжительность плавки сократилась с 105 до 45-60 мин, мощность трансформаторов увеличилась до 85-100 МВА, удельный расход электроэнергии составляет 300-320 кВт·ч/т. Высокие показатели работы печей, соответствующие технологии высшего технического уровня, достигнуты за счет применения современных методов интенсификации производства, увеличения доли альтернативных источников теплоты, что, безусловно, привело к изменению качественных и количественных показателей пылегазовых выбросов дуговых сталеплавильных печей.

Для обеспечения высоких экологических требований современных печей используют системы отвода и очистки газов, отличающиеся большими объемами очищаемых газов, при этом энергозатраты только на транспортирование газов могут достигать 40-60 кВт·ч/т, что составляет 15-20% и более от общих расходов энергии на выплавку стали в печи.

Учитывая высокую производительность современных дуговых печей, в настоящее время проблема экологически чистого сталеплавильного производства может быть решена предотвращением неорганизованных выбросов и повышением эффективности работы систем отвода и очистки газов. Показано, что правильный учет количественных показателей технологических и удаляемых газов, рациональная организация системы отвода и подготовки газов позволяет существенно уменьшить капитальные и эксплуатационные расходы, которые при модернизации газоочистного оборудования могут достигать 50% от расходов основного производства.

В работе также рассмотрены традиционные и альтернативные варианты системы очистки отходящих газов дуговых сталеплавильных печей, функционирующих на предприятиях литейного и металлургического производства.

Показано, что установка на ДСП систем очистки рукавных фильтров достаточно эффективно решает проблему очистки газов от пыли, а также от вредных веществ (бензпирен, фториды, цианиды, фураны и др.).

УДК 621.78.012.5

Математическое моделирование и анализ процессов индукционного нагрева стальных заготовок

Студент гр. 104150 Цыкунов П.Ю.
Научные руководители – Трусова И.А., Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основным направлением экономии топливно-энергетических ресурсов и материалов является техническое переоснащение и модернизация производства на базе внедрения новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, в том числе и с применением направления, связанного с компьютерными технологиями для проектирования оборудования. В настоящее время большое внимание уделяется этапу исследования тепло-физических процессов, происходящих в заготовках при индукционном нагреве. Было создано множество математических моделей объяснения того, что же действительно происходит с заготовкой.

Суть процесса индукционного нагрева - преобразование энергии электромагнитного поля, создаваемого нагревательным индуктором, в тепловую энергию нагреваемого объекта. Поэтому, первым шагом при разработке оборудования для индукционного нагрева является анализ электромагнитных процессов в системе *индуктор - нагрузка*.

Одним из наиболее эффективных методов анализа электромагнитных процессов следует считать *метод конечных элементов*. Суть метода конечных элементов заключается в том, что вся исследуемая зона разделяется на мелкие элементы, для случая 2D моделей - на

элементы треугольной формы, а для 3D моделей - на тетраэдры. Все элементы с помощью уравнений Максвелла связываются в единую систему алгебраических уравнений, а на границах исследуемой зоны задаются граничные условия, обуславливающие единственность решения этой системы. В настоящее время существует несколько вариантов компьютерных программ, использующих этот метод, разработанных различными компаниями. К примеру ELMAG Corp. использует в своей практике программу MagNet, разработанную Infolytica Corp. (Montreal, Canada).

Расчет тепловых процессов в нагрузке определяет: полезную мощность и распределение температуры в заготовке, тепловые потери, выбор частоты тока и требования к системе управления установкой, и базируется на методе интегральных уравнений.

Весь объем расчетов проводится в два этапа:

1) Расчет тепловых процессов в средней по длине зоне заготовки. В результате расчета определяются режимы нагрева, распределение температуры по радиусу заготовки, частота тока, предварительная мощность установки и условия обеспечения равномерности нагрева по сечению заготовки.

2) Расчет тепловых процессов вдоль длины заготовки. Расчет проводится после определения распределения мощности вдоль длины заготовки.

Тепловой расчет индуктора сквозного нагрева металла сводится к определению тепловой, а следовательно и электрической мощности установки сквозного нагрева. При этом необходимо также учитывать конструкционные особенности проектируемого индуктора, довольно сильно влияющие на тепловую мощность индуктора.

Установлено, что при малом количестве витков и малом диаметре теплообменника мощность устройства максимальна, однако при такой конструкции коэффициент полезного действия не является максимальным, к тому же в индукторе при этом циркулируют большие токи, которые способствуют его перегреванию. Кроме этого, с уменьшением радиуса теплообменника влияние количества витков на мощность становится сильнее, это особенно заметно при небольших количествах витков.

При увеличении диаметра провода индуктора мощность индукционного нагревательного прибора растет к определенному значению, после прохождения максимума функция медленно падает. При этом кривая плотности тока сначала резко падает, а дальше едва заметно падает, и под конец расчетной области становится приблизительно линейной. Такую зависимость мощности прибора от диаметра провода индуктора можно объяснить изменением опять же импеданса самого индуктора, в котором связаны как активное сопротивление, которое определяется через диаметр провода индуктора, так и индуктивность, которая зависит от объема, который охватывает индуктор.

Прецизионный нагрев означает однородность распределения температурного поля по всему объему заготовки в пределах нескольких градусов. Для достижения указанной точности необходимо учитывать множество взаимосвязанных факторов, к которым относится в том числе и изменение свойств материала заготовки в процессе нагрева. Кроме того, при индукционном нагреве важным является возможность учитывать изменение характеристик колебательного контура, которое при питании от параллельного инвертора приводит к изменению рабочей частоты. К таким характеристикам относится изменение индуктивности индуктора с загруженной в него заготовкой, как в случае изменения свойств материала заготовки в процессе нагрева, так и в случае нагрева в одном индукторе заготовок различной длины и диаметра.

Для получения металла роторного качества учет ошибки в несколько градусов может оказаться определяющим, поэтому для более точного моделирования процесса нагрева заготовок в индукционном нагревателе периодического действия необходимо использовать модель индукционный нагреватель - тиристорный преобразователь частоты, которая позволяет оценить изменение энергетических характеристик нагревательного контура и качества нагрева заготовок в зависимости от изменения частоты источника питания.

Практика применения математического и компьютерного моделирования достаточно широка. Существующие пакеты программ позволяют проектировать установки, подстраиваясь под различные нужды любых технологий производства, тем самым повышая степень интеграции установок индукционного нагрева.

УДК 621.74

Анализ энергоемкости выплавки чугуна в различных агрегатах

Студент гр.104151 Наумчик А.Д.
 Научный руководитель – Кабишов С.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В докладе приведены результаты сравнения энергоемкости выплавки чугуна в условиях действующего производства машиностроительных предприятий, выполненные на основании анализа существующей технической литературы. На первом этапе осуществлен сравнительный анализ затрат на выплавку 1 тонны жидкого чугуна в вагранках различного типа (таблица 1) с учетом стоимости исходного топлива (кокс – 284,7 у.е. за 1 т; природный газ – 275,9 у.е. за 1000 м³, электродный бой - 0,8 у.е. за 1 кг).

Таблица 1 – Затраты на выплавку 1 тонны жидкого чугуна в вагранках различного типа

Наименование материала	Единица измерения	Газовая вагранка		Коксовая вагранка	
		кол-во	стоимость, у.е.	кол-во	стоимость, у.е.
Кокс	кг			400	113,9
Природный газ	м ³	60	16,55		
Электродный бой	кг		48,2		110

Приведенные в табл.1 результаты свидетельствуют о существенной экономической выгоде при использовании в качестве топлива природного газа. Кроме этого, очевидны и другие преимущества вагранок, отапливаемых природным газом:

- выбросы пыли в 10-15 раз ниже, остальные выбросы находятся в пределах допустимых выбросов;
- большой интервал регулирования температуры выплавляемого чугуна;
- низкое содержание серы в чугуне (от 0,02% до 0,04%);
- возможность выплавки чугуна с необходимым химическим составом с применением в шихте до 100% чугунного и стального лома%
- возможность получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

На втором этапе выполнена оценка себестоимости чугуна, выплавляемого в индукционных печах. Расход электроэнергии в зависимости от емкости печи приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расход электроэнергии в зависимости от емкости печи

Показатель	Емкость печи, т							
							0	6
Расход электроэнергии на 1 тонну чугуна в индукционной плавильной печи	60	60	50	50	40	30	20	00
Стоимость электроэнергии, у.е.	8,7	8,7	7,6	7,6	6,6	5,5	4,5	2,4

Вместе с тем, при оценке стоимости электроэнергии необходимо учитывать такой фактор, как процесс получения электроэнергии из первичного углеводородного топлива на тепловых электростанциях либо получение электроэнергии на гидроэлектростанциях и атомных электростанциях. В этом случае коэффициент полезного действия электростанций существенно различается: для ТЭС, работающих на природном газе он составляет 0,4-0,42; для ТЭС на угле – 0,36-0,38; ГЭС – 0,92-0,94; АЭС – 0,8. Соответственно будет различаться первичная себестоимость вырабатываемой электроэнергии.

При выборе типа плавильного агрегата для производства чугуна необходимо учитывать и другие преимущества индукционных печей:

- активное перемешивание металла и высокая гомогенность расплава;
- отсутствие угара легирующих элементов;
- широкие технологические возможности при большом выборе емкости печи;
- точная регулировка температуры расплава;
- высокая скорость плавки металла;
- экологичность технологического процесса и др.

УДК 621.74

Современные технологии и тенденции создания экологически безопасного металлургического производства

Студентка гр.104141 Шнейдер В.А.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Загрязнение атмосферы является главной причиной экологических проблем, возникающих в результате деятельности металлургических и машиностроительных предприятий, поскольку металлургия и металлургические передельные машиностроения находятся на втором месте среди всех других отраслей промышленности по выбросам в атмосферу. Экологические проблемы металлургической и машиностроительной отрасли усугубляются высоким износом оборудования и использованием морально устаревших технологий. Для условий Республики Беларусь экологическая проблема загрязнения окружающей среды наиболее актуальна для машиностроительного комплекса. Анализ действующего высокотемпературного оборудования, выполненный на основании технической литературы, показал, что в настоящее время около 70-80% основных конструктивных элементов нагревательных и термических печей не модернизировались в течение последних 25-35 лет, а природоохранные технологии используются лишь на 3% действующего парка промышленных печей. Среди основных направлений снижения экологической нагрузки для газовых промышленных печей можно выделить: теплотехнические мероприятия, предполагающие повышение эффективности тепловой работы печей; технологические мероприятия (режимы тепловой обработки); управленческие мероприятия, включающие соблюдение режимно-эксплуатационной и нормативно-производственной дисциплины.

Одним из главных источников загрязнения атмосферы среди машиностроительных предприятий является литейное производство. Так, при традиционном литье на каждую тонну отливок из сплавов черных металлов выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, 1,5-2 кг оксидов серы. Также литейное производство связано с выбросом твердых отходов, которые тоже загрязняют окружающую среду. Отработанные формовочные и стержневые смеси относятся к 4-й категории опасности и составляют 90% общих отходов. Их регенерация – весьма дорогостоящая процедура, поэтому перед сталелитейными предприятиями возникает задача перейти на менее вредное для окружающей среды производство.

С целью снижения вредных выбросов в литейном производстве осуществляются: замена вагранок на индукционные печи; замена литья в разовые песчаные формы на специальные способы литья (под давлением, по выплавляемым моделям и др.); применение вместо песчано-глинистых таких самотвердеющих смесей, как химически твердеющие (СО₂-процесс), пластичные самотвердеющие (ППС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолоднотвердеющие (БКТС), горячо-твердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС), жидконаливные самотвердеющие (ЖСС), а также использование в сушилках, печах, горнах взамен твердого и жидкого топлива природного газа.

Большое значение для снижения выбросов имеют автоматизация процессов, сопровождающихся выделением пыли, таких, например, как изготовление формовочной смеси, распределение ее по бункерам, прием и отвод отработанной смеси из-под выбивных решеток, что позволит частично или полностью герметизировать эти участки; применение передвижных пылеуборочных установок; механизация пылеуборочных работ с помощью автономных пылеуборочных машин – мокрым способом (гидросмывом), пневматическим способом (посредством вакуумных централизованных пылеуборочных установок); внедрение для перемещения пылевидных и порошковых материалов пневматического транспорта.

По сравнению с литейным в прокатном производстве образуется меньше пыли и газов. В среднем общий выброс пыли от всех источников пылеобразования составляет около 200 г/т товарного проката без огневой зачистки и 500-2000 г/т при наличии огневой зачистки. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в прокатном производстве являются нагревательные печи, машины огневой зачистки и травильные агрегаты, а также станы горячей прокатки, над которыми образуются пылевыбросы (2,0-18,0 г/т проката), содержащие окалину (оксиды железа) и другие металлы в зависимости от степени легирования стали и сплава.

**Порошковые
и композиционные
материалы,
покрытия
и сварка**

Студент гр. 104810 Гольмант А.И.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является представление типовых требований к сварке стропильных и подстропильных ферм, ферм арочного типа из гнутосварных профилей, труб, двутаврового и коробчатого сечения.

Ферма – стержневая система в строительной механике, остающаяся геометрически неизменяемой после замены ее жестких узлов шарнирными. В элементах фермы, при отсутствии расцентровки стержней и внеузловой нагрузки, возникают только усилия растяжения-сжатия. Фермы образуются из прямолинейных стержней, соединенных в узлах (рисунок 1).

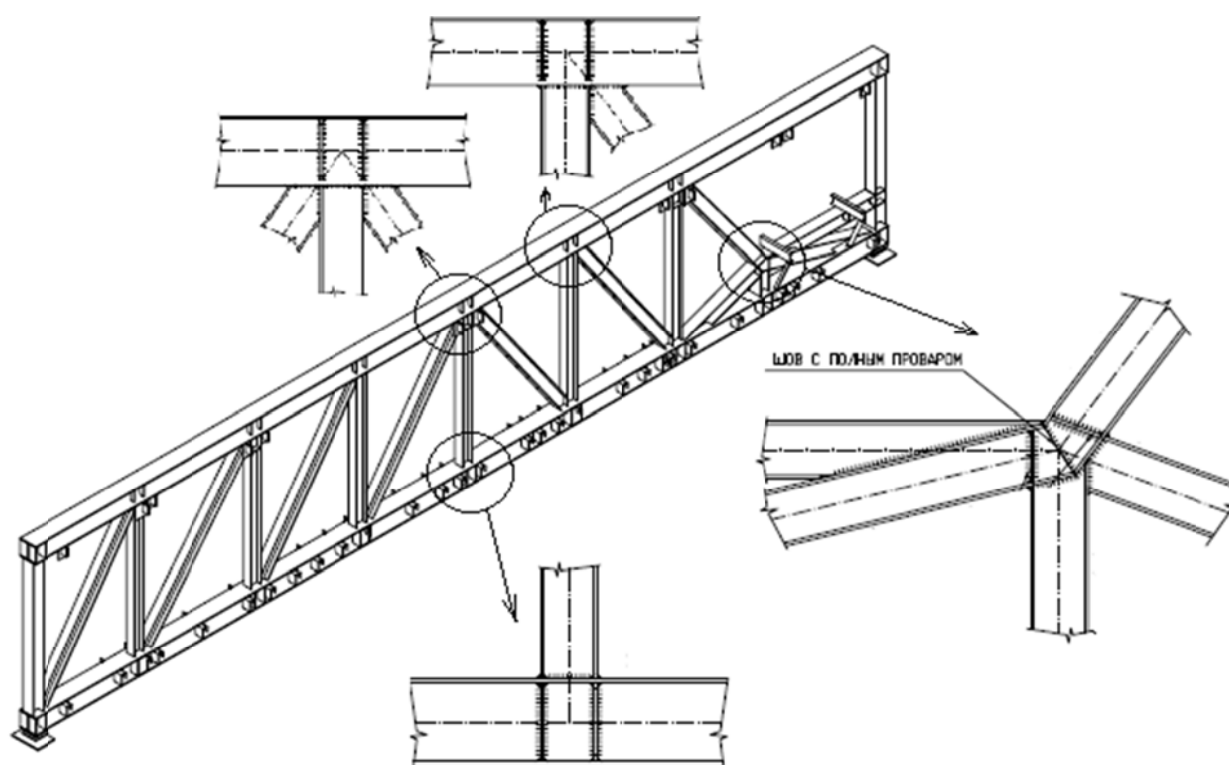


Рисунок 1 – Ферма №3 театра имени Янки Купалы (с основными сварными узлами)

Фермы широко используются в современном строительстве, в основном для перекрытия больших пролётов с целью уменьшения расхода применяемых материалов и облегчения конструкций, например – в строительных большепролетных конструкциях, типа мостов, стропильных систем промышленных зданий, спортивных сооружений, а также – при возведении небольших лёгких строительных и декоративных конструкций – павильонов, сценических конструкций, тентов и подиумов.

Для получения фермы требуемой формы осуществляют сборку, а затем механизированную сварку отдельных ее узлов в среде углекислого газа или в смеси его с аргоном по ГОСТ14771. Для сварки фермы представленного типа были выбраны следующие режимы (таблица 1).

Таблица 1 – Режимы сварки

Марка проволоки	Диаметр сварочной проволоки, мм	Ток сварки $I_{св}$, А	Напряжение дуги $U_{д}$, В	Скорость сварки $V_{св}$, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/мин	Расход газа Q , л/мин	Вылет электрода, мм
Св-08Г2С	1,2	200-220	22-24	12-14	4-7	12-14	8-15
	1,6	230-250		10-12			

Сварку производят в нижнем положении и в «лодочку», для чего в процессе сварки фермы производят ее кантовку. При вертикальном положении фермы крепят в кронштейне с вертикальной стойкой. За один проход допускается выполнять швы катетом до 8мм. Выполнение каждого валика многослойного шва допускается производить после очистки предыдущего валика, а также прихваток от шлака и брызг металла. Участки слоев шва с порами, раковинами и трещинами удаляют до наложения следующего слоя, а кратеры на концах швов тщательно заваривают.

При сварке швов, расположенных в труднодоступных местах, а также для исправления дефектов швов допускается применять ручную дуговую сварку электродами типа Э-50А.

Швы и околошовную зону по окончанию сварки необходимо очистить от шлака, брызг расплавленного металла и произвести контроль сварных швов внешним осмотром и измерениями.

Выявленные дефекты сварщик должен исправить, швы очистить от шлака, брызг расплавленного металла, рядом с маркировкой отправочной марки фермы поставить свой знак (клеймо) и предъявить производственному мастеру и контролеру ОТК, качество сварных швов контролеру ОТК удостоверить своим личным клеймом в маркировочном треугольнике.

Окончательная доводка ферм работниками цеха сборки-сварки и сдача их контролеру ОТК производится на специальном рабочем месте.

Выявленные дефекты сварных швов исправляются ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264 электродами типа Э-50А ГОСТ 9466; наплывы швов, заусенцы на кромках деталей и отверстий, а также брызги зачищаются пневматической шлифмашинкой.

Таким образом, для наилучшего качества сварных соединений и предотвращения брака на производстве рекомендуется соблюдать эти требования.

УДК 621.791.763.1

Анализ диффузионных процессов при сварке разнородных металлов

Студент гр. 304819 Гуринович А.В.

Научный руководитель – Демченко Е.Б.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Процесс взаимодействия твердой и жидкой металлических фаз при сварке и наплавке сопровождается той или иной степенью развития гетерогенной диффузии в зоне контакта [1]. Интенсивность протекания этого процесса определяется температурой, длительностью контактирования, градиентом концентраций и диффузионной подвижностью атомов. На свойства получаемых соединений также могут оказывать существенное влияние процессы диффузии примесей в зоне контакта.

Характер распределения примесей зависит от коэффициента распределения k , характеризующего различную растворимость элементов в твердой и жидкой фазах, от коэффициентов диффузии D_T в твердой и D_J в жидкой фазах, продолжительности процесса τ и градиента концентрации примеси на границе сплавления.

Значения коэффициента диффузии D_T могут меняться в пределах от 10^{-11} до 10^{-20} м²/с⁻¹ и менее, а D_J - ($10^{-8} \dots 10^{-10}$) м²/с⁻¹. Равновесный коэффициент распределения в зависимости от типа диаграммы состояния. может быть больше или меньше единицы

$$K_0 = \frac{C_T}{C_J}$$

Для большинства случаев диффузии элементов замещения величину эффективного коэффициента распределения можно не учитывать. В этих случаях используют уравнения:

$$C_T = C_{T^0} - \frac{\Delta C_0}{\sqrt{\frac{D_T}{D_J} + 1}} B \quad \text{или} \quad C_J = C_{J^0} + \frac{\Delta C_0}{\sqrt{\frac{D_J}{D_T}}} B,$$

где $\Delta C_0 = C_{T^0} - C_{J^0}$; C_T - концентрация элемента A и B ;

C_J - концентрация элемента B в жидком металле A ;

$C_{T^0} - C_{J^0}$ - начальные концентрации примеси в твердой и жидкой фазе.

Зависимость толщины пограничного слоя от скорости потока имеет вид:

$$\delta = \left(\frac{\nu}{v} \right)^n,$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости,

v - скорость движения жидкого металла,

n - константа, зависящая от характера потока жидкости (для ламинарного 0,5; турбулентного - 0,2).

Глубина проникновения диффундирующего вещества рассчитывается по закону:

$$x = m\sqrt{D_T t},$$

где m - постоянный коэффициент, зависящий от температуры;

D_T - коэффициент диффузии элементов,

t - длительность диффузионного процесса.

Для определения глубины диффузионного проникновения необходимо учитывать влияние процесса растворения основного металла в жидком сплаве. Поэтому практическая наблюдаемая глубина проникновения элементов составит:

$$x_{np} = \sum_{i=1}^n (m\sqrt{D_{T1}t_1} - \alpha_1 t_1) + (m\sqrt{D_{T2}t_2} - \alpha_2 t_2) + \dots + (m\sqrt{D_{Tn}t_n} - \alpha_n t_n),$$

где α - линейная скорость растворения.

Формулой можно пользоваться для определения глубины проникновения различных металлов в сплавы (алюминий в сталь и др.).

Список использованных источников

1. Никитин, В.И. Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твёрдые / В.И. Никитин. - М.: Атомиздат, 1967. - 141 с.

Студент гр.10403112 Ивко Я.В.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель данной работы – показать преимущества и недостатки, а так же область применения ручной дуговой и лазерной сварки.

Ручная дуговая сварка (рисунок 1) – это сварка покрытым металлическим электродом. Она является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки. К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания электрической дуги от сварочного трансформатора подводится электроэнергия. Под действием теплоты электрической дуги (до 7000 °С) кромки свариваемых деталей и электродный металл расплавляются, образуя сварочную ванну, которая некоторое время находится в расплавленном состоянии.



Рисунок 1 – Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами

В сварочной ванне металл электрода смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность, образуя защитную пленку. При затвердевании металла образуется сварное соединение (рисунок 2).

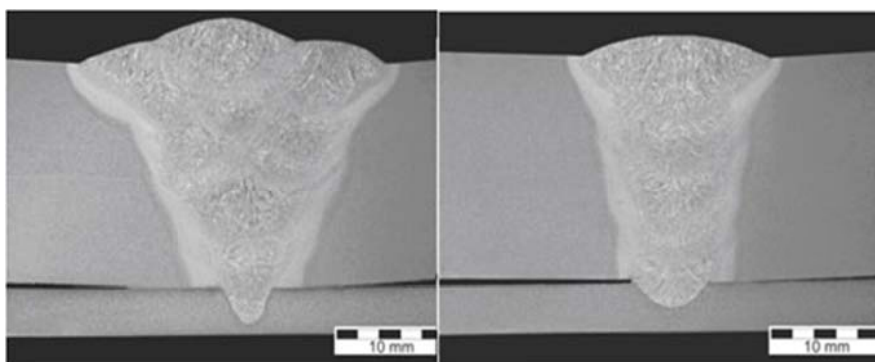


Рисунок 2 – Микроструктура сварного соединения, полученного ручной дуговой сваркой

Для защиты сварного соединения на электрод наносятся стабилизирующие покрытия. Они содержат элементы, которые легко ионизируют сварочную дугу. Также в электроде присутствуют защитные покрытия, которые представляют собой механическую смесь раз-

личных материалов для защиты расплавленного металла от воздействия воздуха, стабильного горения дуги, легирования и рафинирования металла шва.

Достоинства способа: простота оборудования; возможность сварки во всех пространственных положениях; возможность сварки в труднодоступных местах; быстрый, по времени переход от одного вида материала к другому; большая номенклатура свариваемых металлов.

Недостатки способа: большие материальные и временные затраты на подготовку сварщика; качество сварного соединения и его свойства во многом определяются субъективным фактором; низкая производительность (пропорциональна сварочному току, увеличение сварочного тока приводит к разрушению электродного покрытия); вредные и тяжелые условия труда.

На данный момент ручная дуговая сварка является наиболее распространенной и ее преимущества очевидно преобладают над недостатками, но со временем она будет вытеснена более современными видами сварки. Лазерная сварка – это процесс соединения материалов (прежде всего металлов) при котором происходит расплавлением кромок с помощью концентрированного лазерного луча и образования общей ванны расплавленного металла с последующим затвердеванием (рисунок 3).

Сварочный шов не загрязнен материалами электродов, флюса. Лазерная сварка происходит при высокой концентрации энергии, поэтому производительность сварки намного превышает производительность традиционных видов сварки.

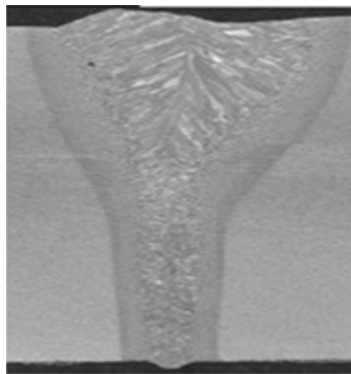


Рисунок 3 – Микроструктура сварного соединения, полученного лазерной сваркой

При лазерной сварке металлов источником нагрева служит лазерный луч. Большая концентрация тепловой энергии, высокая скорость лазерной сварки по сравнению с дуговыми способами и незначительное тепловое воздействие на околошовную зону вследствие высоких скоростей нагрева и охлаждения металла существенно повышают сопротивляемость большинства конструкционных материалов образованию горячих и холодных трещин.

Важнейшим преимуществом лазерной сварки твердотельными лазерами является возможность очень точной дозировки энергии, поэтому удастся обеспечить получение качественных соединений при изготовлении очень мелких деталей. Для мощных газовых лазеров преимуществом является получение большой глубины проплавления при малой ширине шва.

Это позволяет уменьшить зону термического влияния, сократить сварочные деформации и напряжения. Кроме того, лазерная сварка обладает рядом преимуществ, не присущих другим способам сварки. Лазер может быть расположен на достаточно большом удалении от места сварки, что в ряде случаев дает существенный экономический эффект.

Недостатками лазерной сварки являются высокая сложность и стоимость оборудования, низкий КПД лазеров. По мере развития лазерной техники эти недостатки устраняются.

Появление промышленных автоматических систем на основе мощных твердотельных лазеров открывает новые области ее применения. Гибридная лазерная сварка объединяет в

одном процессе лазер и дугу. Одновременное использование двух этих методов позволяет объединить их достоинства и устранить недостатки.

УДК 621.791.052:621.791.65

Изучение некоторых технологических особенностей и их оптимизации при сварке плавлением стали 35ХГСА на примере захвата трактора Беларус 3522

Студент гр. 104810 Гулевой А.С.
Научный руководитель – Голубцова Е.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Захваты для тракторов Беларус применяются в различных моделях и имеют множество разновидностей. Они служат для крепления грузов и последующей помощи для их транспортировки.

Захват 3522 – 4605310 устанавливается в 2-х экземплярах, симметрично на трактор Беларус 3522 и рассчитана на среднюю нагрузку.

Материалом для данной тяги является сталь 35ХГСА. Сварку данной конструкционной легированной хромистой стали нужно проводить так, чтобы обеспечивать создание требуемого уровня механических свойств металла сварного соединения, и предотвращение образования нежелательных структурно-фазовых превращений в зоне термического влияния (ЗТВ).

Сталь 35ХГСА трудносвариваема, флокеночувствительна и имеет склонность к отпусковой хрупкости, а также как и среднеуглеродистые стали имеет повышенное содержание углерода, который является причиной образования кристаллизационных трещин при сварке, малопластичных закалочных структур, трещин в зоне термического влияния. Это говорит о том, что получение качественного сварного соединения при участии данного материала потребует дополнительные операции:

- подогрев до 200-300 град. при сварке;
- термообработка после сварки – отжиг.

Так же следует применять отпуск сварных конструкций, который снимает остаточные сварочные напряжения, улучшает структуру и свойства металла шва, снижает твердость закаленных зон сварного соединения и устраняет опасность образования холодных трещин со временем. А для повышения стойкости металла шва против образования кристаллизационных трещин следует понизить количество углерода в металле шва путем применением электродов или сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода, а также уменьшением доли участия основного металла в металле шва.

Помимо перечисленных выше особенностей, характерных для стали 35ХГСА, следует отметить еще ряд свойств, считающихся очень важными для всех схожих материалов, используемых в машиностроении, а именно:

- достаточно высокий предел выносливости;
- возможность обработки путем сваривания (после нагрева), под давлением и резанием;
- при термовоздействии обладают стойкостью к короблению и обезуглероживанию.

На Минском тракторном заводе для сварки данной тяги применяют дуговую сварку в углекислом газе сплошной проволокой с помощью Мастер-501 ПОЛУАВТОМАТ в три прохода. В связи с особенностями данной стали требуется применение подогрева при сварке до 200 градусов, а так же последующая термическая обработка. Для доступа ко всем зонам сварки используется специальное сварочное приспособление и контователь. Данный способ сварки не всегда дает нам нужное и стабильное качество сварных соединений, так как присутствует подогрев, термообработка и человеческий фактор, поэтому для улучшения и опти-

мизации данных параметров, а так же времени и уменьшении экономических затрат оптимально применять РТК.

Для сварки данной тяги отлично подходит Nordica Sterling РТК ДС. Используя данный комплекс, мы можем четко контролировать время и параметры сварки, тем самым подбирать оптимальные значения и избавляться от обязательного применения подогрева с последующей термообработкой. Так же, используя данный РТК, мы оптимизируем экономические параметры и избавляемся от человеческого фактора. Благодаря внедрению данного комплекса мы сможем получать качественные, стабильные сварные соединения с уменьшением экономических затрат и времени на сварку.

УДК 621.791.72+621.791.75

Гибридные технологии сварки: лазерно-дуговая сварка

Студент гр.10403112 Кецко А.Н.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель данной работы – показать преимущества гибридной сварки перед другими видами сварки и область ее применения.

Характерной особенностью гибридной сварки плавлением является то, что объединение двух источников нагрева (рисунок 1) с различной плотностью энергии позволяет практически полностью использовать сварочно-технологические особенности каждого из них одновременно нивелировать их недостатки. При этом достигаются принципиально новые технологические возможности, включая повышение производительности и улучшение качества соединения, а также снижение энергопотребления и общих производственных затрат.

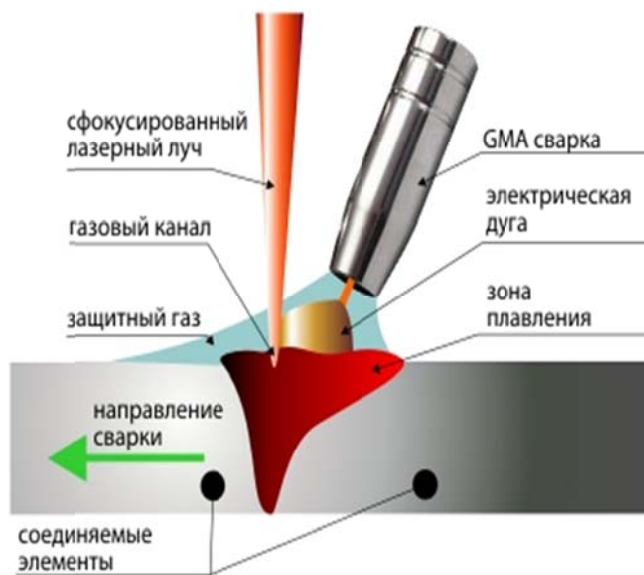


Рисунок 1 – Схема процесса гибридной лазерно-дуговой сварки

Гибридная лазерно-дуговая сварка (рисунок 2) основана на смещении высококонцентрированного лазерного излучения (CO_2 - или АИГ-лазера) с обычным стандартным процессом газозлектроической сварки плавящимся (МИГ/ МАГ) или неплавящимся (ТИГ) электродом в случае сварки особо тонкого металла.

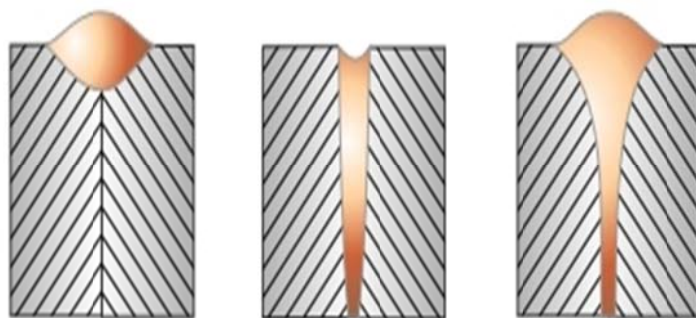


Рисунок 2 – Поперечный разрез шва при дуговой, лазерной, лазерно-дуговой сварке

Одновременно воздействуя на сварочную ванну, лазерный пучок благодаря его высокой концентрации энергии обеспечивает глубокое кинжальное проплавление корня шва и высокую скорость сварки, а менее концентрированная электрическая дуга с плавящимся электродом – заполнение верхней части шва и хорошее формирование валика сплавным его переходом к основному металлу.

Гибридная технология обеспечивает более мягкий технический цикл, снижение требований к величине зазора и позволяет повысить скорость сварки по сравнению с возможностями каждого из процесса в отдельности. В промышленном производстве в качестве источников нагрева обычно используют серийные (CO_2 - или АИГ).

Началу массовому применению технологических лазеров, а позднее лазерно-дуговой гибридной сварки было связано с переходом мирового автомобилестроения на инновационную технологию штамповки кузовов и их элементов из тонколистовых (0,8 – 1,2 мм) сварных заготовок, составленных из различных по толщине и качеству фрагментов.

Поскольку сварка заготовок толщиной (0,8 – 1,6 мм) в тот период могла быть решена только на основе лазерной сварки, то значительные инвестиции автомобильных фирм были направлены на целевую разработку промышленных лазеров, технологию лазерной сварки и создание автоматизированных линий по сборке и сварке составных заготовок. Лазерная сварка обеспечивала очень узкие (0,5 – 1,5 мм) стыковые швы на стальных листах толщиной (0,8 – 2,0 мм) со скоростью 6 – 8 м/мин (CO_2 – лазер, 4 кВт), сварные швы имели небольшую выпуклость и достаточную пластичность. Для повышения штампуемости сварных швов на высокопрочных сталях технологический процесс включает послесварочную обработку расфокусированным лучом.

Зазор под лазерную сварку металл толщиной (0,5-2,0 мм) не должен был превышать 0,08 мм. Применение гибридной лазерно-дуговой сварки взамен лазерной способствовало кардинальному решению при сохранении общей схемы производства и незначительных капиталовложений в основном на дополнительную аппаратуру для ТИГ – сварки. Гибридный процесс обеспечил более мягкий режим и возможность сварки по зазору при одновременном повышении скорости сварки почти в 2 раза.

Следующими отраслями применения лазерной и гибридно-лазерной сварки металла малых толщин (2.5 -5.0 мм) явились производство легких сварных строительных конструкций, изделий бытовой техники и судостроения. Для однопроходной лазерно-дуговой сварки стали толщиной до 10-30 мм необходимо соответствующее повышение мощности лазера. Как правило, для сварки стали до последнего времени в основном применяли CO_2 – лазеры.

Согласно эмпирическому правилу, для проплавления 1 мм стали необходим 1 кВт мощности, что позволяет ориентировочно определить мощность лазера для сварки средних и больших толщин. Собственно для лазерно-дуговой сварки сочетание двух процессов позволяет несколько снизить мощность лазера. Твердотельные АИГ–лазеры более универсальны вследствие того, что длина их волны излучения в 10 раз меньше, чем CO_2 -лазеров, что рас-

ширяет практику их применения, в частности для гибридной сварки сплавов алюминия и меди.

Серьезный инновационный прорыв в технологии лазерной гибридной сварке обеспечило создание и появление на рынке твердотельных волоконных лазеров мощностью от 1,0 до 30 кВт. По темпам производства и продаж они резко опережают другие типы технологических лазеров.

Из выше перечисленного можно сделать вывод, что лазерно-дуговая сварка – это наиболее экономичная, качественная и надежная сварка, нежели привычные нам всем виды сварки. Остается только вопрос о времени: когда лазерно-дуговая сварка начнет применяться более широко.

УДК 621.791.

Исследование зоны термического влияния низкоуглеродистой стали при различных способах сварки

Студент гр. 10403112 Марукович Д.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является исследование микротвердости и микроструктуры в сварных образцах, выполненных сваркой плавлением низкоуглеродистой стали.

Обеспечение требуемой работоспособности сварных соединений в значительной мере определяется ходом структурно-фазовых превращений, протекающих в металле шва и ЗТВ.

К низкоуглеродистым конструкционным сталям по классификации, принятой в сварочной технике, относят стали, содержание углерода в которых не превышает 0,25%. Они хорошо свариваются в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины свариваемых элементов и температуры воздуха.

В зоне термического влияния сварного соединения из низкоуглеродистой стали различают участки: неполного расплавления, перегрева, полной перекристаллизации или нормализации, неполной перекристаллизации, рекристаллизации и синеломкости.

Участок неполного расплавления – переходный от наплавленного металла к металлу свариваемой детали. Ширина этого участка очень мала, она измеряется микронами, но его роль в сварном соединении весьма важна. Здесь происходит сплавление, т. е. образование металлической связи между металлом шва и свариваемой деталью. Если между зёрнами имеется пленка окислов или осажденных газов, то в этом месте не произойдет прочной металлической связи и этим можно объяснить образование трещин в зоне сплавления.

Участок перегрева находится в границах температур нагрева металла 1100 – 1450 °С и характеризуется значительным ростом зерна. Поверхность перегретых зерен может превышать поверхность начальных зерен в 16 раз при ацетилено-кислородной и в 12 раз при дуговой сварке. Перегрев снижает механические свойства стали, главным образом пластичность и сопротивление ударным нагрузкам. Эти свойства тем ниже, чем крупнее зерна и шире участок перегрева. Перегретый металл является самым слабым местом в сварном соединении, поэтому здесь чаще всего оно и разрушается.

В настоящей работе исследовали влияние режимов аргонно-дуговой сварки стали 3. Провели исследование образцов на микротвёрдость $H, \text{кгс/мм}^2$ при нагрузке 20 Гс на микротвердомере ПМТ-3. За основу были взяты 2 образца, сваренные при различных силах сварочного тока. Сварку осуществляли при следующих режимах: $I=120 \text{ А}$, $I=175 \text{ А}$.

Исследуемые зоны показаны на рисунке 1.

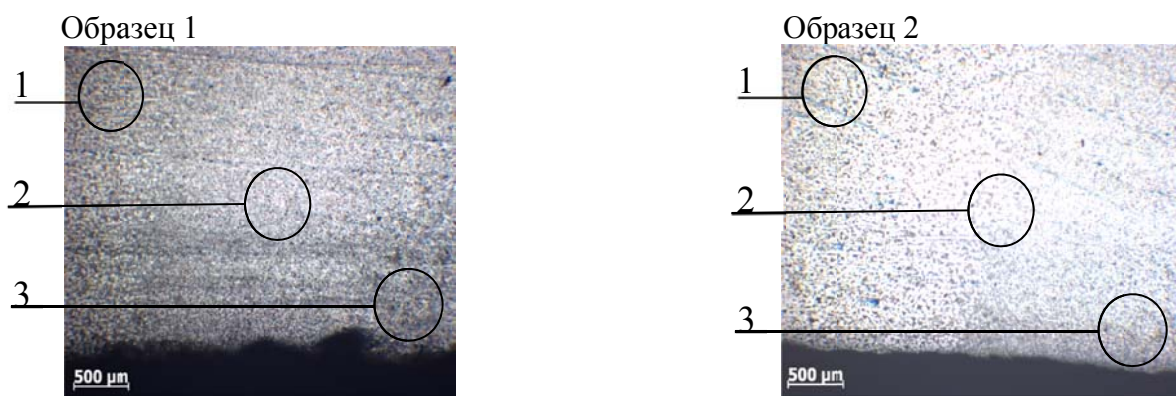


Рисунок 1 – Исследуемые зоны:

1 – зона основного металла; 2 – зона рекристаллизации; 3 – зона сварного шва
 Результаты измерений микротвёрдости образцов занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

Образец 1			Образец 2		
Исследуемые зоны	№ Точек	Сила сварочного тока $I_{св} = 120 \text{ А}$	Исследуемые зоны	№ Точек	Сила сварочного тока $I_{св} = 175 \text{ А}$
Микротвёрдость HV					
Зона основного металла	1	303,6	Зона основного металла	1	287,4
	2	287,4		2	287,4
	3	303,6		3	287,4
	4	303,6		4	287,4
	5	272,5		5	287,4
	6	295,5		6	303,6
Зона рекристаллизации	1	303,6	Зона рекристаллизации	1	258,7
	2	340,3		2	287,4
	3	287,4		3	303,6
	4	287,4		4	303,6
	5	272,5		5	287,4
	6	321,2		6	272,5
Зона сварного шва	1	303,6	Зона сварного шва	1	321,2
	2	384,2		2	384,2
	3	340,3		3	340,3
	4	437,1		4	409,4
	5	324,2		5	384,2
	6	362,2		6	384,2

В заключении доклада можно сделать вывод, что у обоих образцов присутствует разница в протяжённости зоны термического влияния (ЗТВ). С увеличением силы сварочного тока, ширина зоны термического влияния увеличивается.

Магистрантка Колодинская Н.С.
Научный руководитель – Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Новый вариант технологии порошковой металлургии, в отличие от классического подхода, предполагает прошивку металлической матрицы из компактного металла сгустками частиц. Для армирования матрицы используют порошки фракции 0-0,5 мм, которые разгоняются до скоростей 200 – 5000 м/с. Такие сгустки частиц являются прямыми аналогами космической пыли в околоземном пространстве.

Классические представления об ударных взаимодействиях основаны на том, что ударник проникает в преграды на глубины до 6 определяющих размеров. В этом случае порошковые частицы должны отражаться от поверхности или формировать поверхностные слои. На этом принципе, например, основана технология детонационного напыления.

Однако, в 1974 году было доказано существование необычного процесса ударного взаимодействия, которое в узком диапазоне скоростей соударения и размеров ударников, позволяло вводить порошковые материалы на глубины 100 – 10 000 калибров. Такие режимы позволяют вводить легирующие порошковые материалы в металл на глубины в десятки и сотни миллиметров за доли секунды.

Особенный интерес к таким эффектам, т.н. «сверхглубокое» проникание, у технологов вызван тем, что процессы взаимодействия частиц порошка и металла матрицы происходит в закрытой системе. В закрытой системе отвод энергии из зоны взаимодействия в режиме реального времени резко ограничен, что позволяет концентрировать в этой зоне энергию с высокой плотностью в форме давления. На базе металлической матрицы формируется композиционный материал.

Многочисленные гипотезы рассматривают десятки моделей, объясняющие скачкообразное падение сопротивления внедрению порошковых частиц в преграду. В основном рассматриваемые модели можно разделить на два противоположных подхода. Первый подход – рассматривает многочисленные допущения, объясняющие уменьшение затрат энергии при внедрении ударников. Второй подход – рассматривает возможности генерации дополнительной энергии при взаимодействии с частицами в закрытой системе.

Рассмотрим эксперименты, направленные на изучение второго варианта. Для этого в качестве металлической матрицы используем технический алюминий. Такой материал является однородным с позиции распределения градиентов плотности в матрице и траектория движения частицы достаточно прямолинейная. С позиции второго подхода при движении частиц, формируются каналные пустоты. За счет зон высокого давления, полости захлопываются в точку, что на уровне атомных ядер приводит к взрыву (рисунок 1).

Реализуется обычный инерционный термоядерный синтез и генерируется дополнительная энергия, которая расходуется, например, на разгон части внутри металлической матрицы.

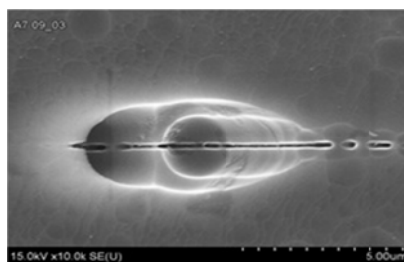


Рисунок 1 – Взрывы в объеме алюминиевой матрице при движении частиц порошка

Выводы: процесс прошивки матричного алюминия ступком порошковых частиц реализуется за счет последовательных взрывов по траектории движения, т.е. в зонах последующего армирования.

УДК 621.793

Механическая активация самораспространяющегося высокотемпературного синтеза $TiB_2/(Fe-Mo)$

Студент гр. 104610 Щербо А.С.
Научные руководители – Лецко А.И., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Развитие новой техники во многом связано с созданием новых материалов, способных работать в условиях высоких скоростей, температур, механических нагрузок, при воздействии агрессивных сред. Чтобы удовлетворять этим требованиям, материалы должны обладать сложным комплексом физико-механических, химических и других специальных свойств

К наиболее перспективным материалам относятся бориды титана, которые обладают высокой твердостью, жаропрочностью, износостойкостью, стойкостью к действию расплавленных металлов, высокой электро- и теплопроводностью в сочетании с низким удельным весом.

Одним из прогрессивных методов получения боридов является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Метод СВС благодаря особенностям процесса: высокой температуре, превышающей в большинстве случаев температуру плавления хотя бы одного из реагентов; кратковременности химических и физических процессов; высокой скорости внутреннего саморазогрева; протеканию реакций в условиях резкого градиента температур и др. – позволяет получать материалы со структурой и свойствами, которые невозможно или трудно получить традиционными методами. Наиболее эффективным способом, обеспечивающим выполнение указанных выше условий, является метод механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС).

Под механоактивацией (МА) обычно понимают обработку порошкообразных шихт или пульп в энергонагруженных аппаратах (шаровых и планетарных мельницах, аттриторах). Механическую активацию шихты проводили в планетарной шаровой мельнице Pulverisette 6 с воздушным охлаждением (объем стакана 500 см^3 , диаметр шаров 5 мм, загрузка 1000 г, навеска обрабатываемого образца 100 г, скорость вращения стакана вокруг оси 550 об/мин).

Для исследований готовили два образца шихты, состоящей из смеси элементарных порошков титана, аморфного бора, железа и молибдена. Первый образец получали смешиванием компонентов шихты в смесителе. Второй образец содержал предварительно механоактивированную в планетарной мельнице смесь порошков железа и молибдена, далее смешанная в смесителе шихта подвергалась механообработке в аттриторе. Синтез проводили на универсальном экспериментальном комплексе в атмосфере аргона. Для определения температуры, развивающейся при протекании синтеза, использовали хромель-алюмелевые термопары, которые располагались на расстоянии два сантиметра друг под другом.

Обе системы «стартуют» при комнатной температуре. В образце без МА наблюдается на первоначальном этапе нестабильное горение с колебанием температуры. В образце с МА после стремительного и стабильного роста температуры наблюдается охлаждение продукта с высокой скоростью, которая после 10 – 15с быстро снижается. Далее продукт синтеза медленно остывает, что способствует полному протеканию и завершению всех процессов. Основные параметры процесса синтеза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры процесса СВС композиционных порошков $TiB_2/(Fe-Mo)$

Параметр	без МА	с МА
Время задержки инициирования, с	5,7	4,7
Максимальная температура, °С	1910	2480
Скорость волны горения, см/с	0,78	1,37
Скорость нагрева вещества в волне, °С/с	840-1100	870-1200
Скорость охлаждения, °С/с	14-60	8-150

Большее время задержки инициирования для образца без МА связано с тем, что в такой шихте компоненты имеют более крупный размер частиц и требуют более длительного приложения теплового импульса для прогрева частиц и «запуска» реакции взаимодействия.

Скорость волны горения в активированной шихте почти в 2 раза выше, что можно объяснить большой удельной и контактной поверхностью. Положительное действие на рост скорости волны горения при МА оказывает более однородное распределение реагентов, рост концентрации дефектов и измельчение реагентов.

Максимальная температура горения образца шихты с МА заметно выше, чем для образца без МА. Предварительная МА шихты создает благоприятные условия для протекания реакции взаимодействия титана и бора в системе из хорошо перемешанных мелких частиц с большой контактной поверхностью между исходными компонентами. Рост температуры горения объясняется высокой скоростью тепловыделения за счет протекания химической реакции образования диборида титана.

Скорость нагрева вещества в волне для обоих образцов шихты приблизительно одинаковая. Высокая первоначальная скорость охлаждения для обоих образцов шихты свидетельствует о быстрой кристаллизации образовавшейся жидкой фазы. Первым кристаллизуется диборид титана и становится центром кристаллизации для других менее тугоплавких соединений. Более быстрое (в 2,5 раза) охлаждение образца с предварительной МА шихты говорит о высокой интенсивности кристаллизации диборида титана из жидкой фазы и препятствует росту его размеров. Неактивированная система дольше находится при высоких (более 900 °С) температурах, что способствует росту размеров частиц диборида титана.

Предварительная обработка смеси с использованием методов механоактивации улучшает плотность, твердость и структурную однородность синтезируемого продукта.

Согласно данным рентгенофазового анализа в синтезированном порошке, приготовленном без применения механообработки, помимо диборида титана и твердого раствора на основе альфа-железа идентифицируется борид железа и диборид молибдена (Fe_2B и MoB_2). Согласно полуколичественному фазовому анализу относительное содержание боридов железа составляет 4 %, а диборида молибдена – 3 %. В синтезированном порошке, приготовленном с применением МА, идентифицируются бориды железа и молибдена (Fe_2B и MoB). Согласно полуколичественному фазовому анализу относительное содержание боридов железа составляет 11 %, а моноборидов молибдена – 4 %.

Таким образом, применение механоактивации шихты способствует более активному образованию в процессе СВС боридов металлов связки, преимущественно, Fe_2B . Применение МА позволяет добиться более однородной структуры композиционного порошка. Средний размер зерен диборида титана составляет 0,5-1 мкм. Полученная микроструктура продукта СВС-реакции образуется благодаря выбранному способу синтеза и не достижима без применения механической активации шихты.

**Оценка возможности легирования металла шва за счет использования
никельсодержащих отходов в составе флюса**

Студенты: гр.104112 Ивко Я.В., Кецко А.Н., Середа В.Ю.,
гр.104811 Качура Е.С.

Научные руководители – Урбанович Н.И, Комаров О.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что пластические свойства металла шва можно повысить за счет его легирования таким элементом как никель. Введение легирующих элементов в сварочную ванну можно осуществлять через металлическую и/или шлаковую фазу. В предлагаемой работе сделана попытка проведения легирования металла шва через шлаковую фазу путем введения никельсодержащих отходов, в которых никель содержится в виде оксида, в состав флюса.

Эксперименты с целью проверки возможности легирования шва через шлаковую фазу проводили на установке для сварки под слоем флюса АДФ-1002. В одном случае в состав стандартного флюса АН-348А добавили 10 % отработанного катализатора ГИАП-16, содержащего 20% NiO и до 80% Al₂O₃. В другом случае, кроме 10% ГИАП-16, добавили 2% молотого ферросилиция (ФС75) с целью создания условий для восстановления никеля из оксида. Для сравнительного анализа по усвоению никеля из оксида в качестве исходного служил сварной шов, полученный под флюсом без добавок. Отработанный никельсодержащий катализатор использовали вместо порошкового никеля, исходя из соображений экономии средств на легирование и по экологическим соображениям, предусматривающим утилизацию вторичных ресурсов.

В качестве образца, для получения сварного соединения использовали пластины из стали марки Ст3 размерами 200х65х10.

Выбор режима сварки проводили расчетным путем и по справочным таблицам. Основными параметрами режима сварки являются: сила сварочного тока $I_{св}$, напряжение на дуге $U_{д}$, скорость подачи сварочной проволоки $V_{п.пр}$, скорость сварки $V_{св}$.

Первоначально задавались d_3 . Его значение зависит от требуемой глубины проплавления металла $h_{пр}$. Глубина проплавления определяется толщиной металла и типом сварного соединения. Для стыковых односторонних швов, форма и конструктивные элементы подготовки кромок свариваемых деталей для получения которых представлены на рисунке 1, глубина проплавления $h_{пр}$ равна толщине свариваемого металла S , т.е. $h_{пр} = S$.

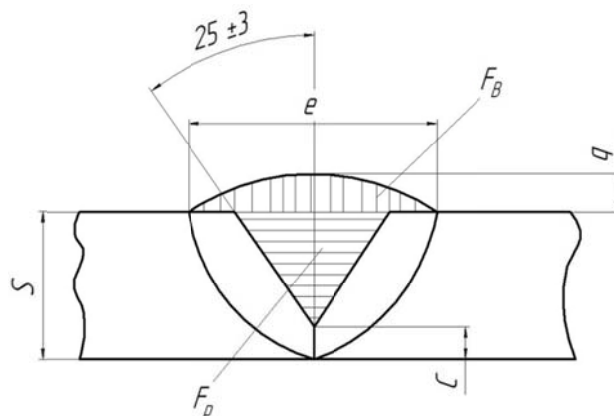


Рисунок 1 – Стыковой шов с V-образной разделкой кромок:
e – ширина шва; g – выпуклость шва; F_B – площадь V-образной разделки кромок;

F_b – площадь валика шва; S – толщина свариваемого металла

Площадь наплавленного металла стыкового шва с V-ой разделкой кромок определяли суммой площадей геометрических фигур, которые заполняются электродным металлом при сварке по формуле:

$$F_H = S \cdot b + (S - c)^2 \operatorname{tg} \alpha + 0,75 e g, \text{ мм}^2;$$

Поскольку $b = 0$ мм; $h_{\text{пр}} = 10,0$ мм; $e = 3,0 \pm 1,0$ мм; $g = 1,5 \pm 1,0$ мм, тогда

$$F_H = 10 \cdot 0 + (10 - 3)^2 \operatorname{tg} 25 + 0,75 \cdot 17 \cdot 1 = 35,6 \text{ мм}^2;$$

Силу сварочного тока определили по формуле:

$$I_{\text{св}} = (h_{\text{пр}} / k_{\text{п}}) 100, \text{ А};$$

где $k_{\text{п}}$, мм/100 А – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки и определяется по таблице 1.

Для сварки на переменном токе сварочной проволокой $\varnothing 2,0$ мм, принимаем $k_{\text{п}} = 1,25$ мм/100 А. Тогда:

$$I_{\text{св}} = (h_{\text{пр}} / k_{\text{п}}) 100 = (10 / 1,25) 100 = 800 \text{ А};$$

Таблица 1 – Значение коэффициента $k_{\text{п}}$

Марка флюса	Диаметр электродной проволоки, мм.	Для переменного тока, А	Для постоянного тока, А	
			Прямая полярность	Обратная полярность
			$k_{\text{п}}$, мм/100 А	$k_{\text{п}}$, мм/100 А
АН – 348-А	2	1,25	1,15	1,40

После вычисления силы сварочного тока уточняем диаметр сварочной проволоки по формуле:

$$d_s = 1,13 (I_{\text{св}} / j)^{1/2}, \text{ мм};$$

где j – допустимая плотность тока, А/мм², значения которой представлены в таблице 2

Таблица 2 – Значение плотностей тока при автоматической сварке под флюсом

Диаметр проволоки, мм	<2	2	3	4	5
j , А/мм ²	90-200	60-120	45-90	35-60	30-50

Для сварочной проволоки диаметром 2,0 мм, из таблицы 2 принимаем $j = 120$ А/мм².

$$d_s = 1,13 (I_{\text{св}} / j)^{1/2} = 1,13 (800 / 120) = 3 \text{ мм}.$$

Напряжение на дуге устанавливаем в зависимости от марки и диаметра электрода. Так как сварку под флюсом проводим на токах до 1000 А, то напряжение дуги рассчитываем по формуле:

$$U_d = 19 + 0,037 I_{\text{св}} = 19 + 0,037 \cdot 800 = 48,6 \text{ В};$$

Скорость сварки $V_{\text{св}}$, м/ч вычисляем по формуле:

$$V_{\text{св}} = \alpha_n \cdot I_{\text{св}} / \gamma F_H \cdot 100;$$

где α_n – коэффициент наплавки под флюсом, $\alpha_n = 13 \div 16$, г/А·ч;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;

γ – плотность металла, $\gamma = 7,8$ г/см³;

F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см².

$$V_{\text{св}} = 14 \cdot 800 / 7,8 \cdot 0,356 \cdot 100 = 40 \text{ м/ч},$$

Скорость подачи $V_{п.пр}$, м/ч, сварочной проволоки вычисляем по формуле:

$$V_{п.пр} = \alpha_n \cdot I_{св} / \gamma \cdot F_3 \cdot 100, \text{ м/ч};$$

где F_3 – площадь сечения сварочной проволоки,

$$F_3 = \pi d_3^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,3^2 / 4 = 0,07 \text{ см}^2. \text{ Тогда}$$

$$V_{п.пр} = 14 \cdot 800 / 7,8 \cdot 0,07 \cdot 100 = 205 \text{ м/ч};$$

Рекомендуемая форма проплавления $\Psi = e/h_{пр} = 1,3-2$.

Находим ширину шва: $e = h_{пр} \cdot \Psi = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}$.

Сварку стальных пластин проводили на заданных режимах, представленных выше. После чего, с целью проведения анализа на химический состав металла шва, из трех сварных соединений вырезали фрагменты сварного шва и изготавливали шлифы.

Как показал сравнительный анализ химического состава металла швов, который проводили на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV с использованием рентгенофлуоресцентного микроанализатора JED 2201, большее содержание никеля получили в металле шва сварного соединения, сварку которого производили под слоем флюса, содержащего 10% ГИАП-16 + 2%ФС75, и оно составило 0,1%.

Таким образом, установлена принципиальная возможность легирования металла шва через шлаковую фазу за счет использования в составе флюса вторичных ресурсов, содержащих оксиды никеля.

УДК 621.73

Сравнительный анализ сварочно-технических свойств газообразного и твердого диоксида углерода при дуговой сварке

Студенты: гр.104811 Сосновский Е.А., Адериха Д.С., Сахно А. А.,
гр.104813 Кулакля С.О.

Научные руководители – Урбанович Н.И., Викторовский Д.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Проведенные ранее, на кафедре «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» Белорусского национального технического университета, исследования позволили показать принципиальную возможность использования сухого льда в качестве сварочного материала [1].

Сухой лед – твердый диоксид углерода (CO_2) ГОСТ 12162-77 (рисунок 1). При атмосферном давлении и температуре минус 78 °С диоксид углерода способен сублимировать, т.е. переходить из твердого кристаллического состояния сразу в газообразное. Сублимирующий в зоне дуги лед, выделяя огромный объем чистого углекислого газа, создает надежную защиту расплавленного металла и сварочной дуги от вредного воздействия воздуха.



Рисунок 1 – Внешний вид сухого льда

Цель представленной работы заключалась в изучении сварочно-технологических свойств сухого льда и углекислого газа, при использовании данных веществ в качестве сварочных материалов для дуговой сварки.

Для проведения экспериментальных исследований использовали пластины размером 300x120x6 из стали марки Ст3. Разделку кромок для стыкового соединения и сборку свариваемых элементов проводили согласно ГОСТ 14771-76.

Сварку осуществляли на установке автоматической сварки Н-2013 СБ, разработанной в испытательной лаборатории «Сварка, родственные технологии и неразрушающий контроль» Белорусского национального технического университета, в комплекте со сварочным аппаратом марки КЕМРАСТ PULSE 3000 и с применением проволоки марки Св-08Г2С, диаметром 1,2 мм по ГОСТ 2246-70. В одном случае сварку стыкового соединения производили в среде углекислого газа, в другом – только под слоем сухого льда.

Перед применением сухой лед измельчали и укладывали на всю длину свариваемого соединения (рисунок 2).

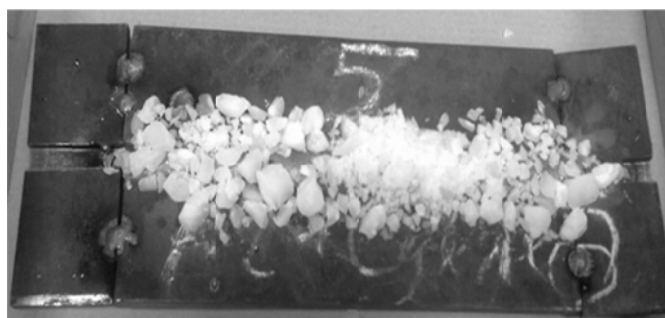
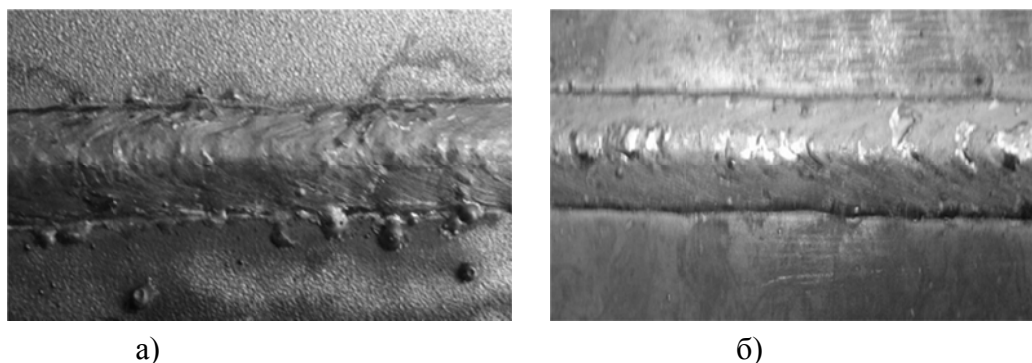


Рисунок 2 – Внешний вид свариваемых элементов под слоем сухого льда

Следует отметить, при сварке в CO_2 наблюдалось сильное разбрызгивание металла, что связано со специфическими свойствами углекислого газа, при диссоциации которого уходит много теплоты с поверхности дуги, в связи с чем она сжимается и активное пятно сводится в точку. Это приводит к изменению направления осевой термодинамической силы пинч-эффекта, которая в данном случае направлена вверх и способствует росту капли. Отражательная сила газовых потоков смещает каплю в сторону по отношению к оси электрода, что и приводит к выносу капли из зоны дуги. Образование же мелких брызг связано с разрывом перемычек жидкого металла, соединяющего каплю со сварочной проволокой. Внешний вид сварных соединения, полученного в CO_2 и под слоем сухого льда, показан на рисунке 3.



а)

б)

Рисунок 3 – Внешний вид сварного соединения:
а – в углекислом газе; б – под слоем сухого льда

Сварка под слоем сухого льда проходила при устойчивом горении дуги. При этом не наблюдалось разбрызгивания электродного металла. Сварной шов получили ровный, гладкий, блестящий, без пор (рисунок 3б) в отличие от сварки в CO₂ (рисунок 3а).

Сравнительный анализ сварочно-технологических свойств, выше представленных сварочных материалов, позволили установить, что применение сухого льда в качестве сварочного материала обеспечивает важные сварочно-технологические и металлургические функции: стабильное горение дуги, не наблюдается чрезмерного разбрызгивания, образования пор; обеспечивает надежную защиту зоны дуги и сварочной ванны от попадания воздуха.

Список использованных источников

1. Дуга и лед. Новый способ дуговой сварки плавящимся электродом / С.Н. Жизняков, Ф.И. Пантелеенко, Д.И. Викторовский, Н.И.Урбанович // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: Сб.докл. 8 Межунар. симп. Минск, 10-12 апр. 2013г. – В 2 ч.Ч.2 – Минск: Беларус. Навука, 2013. – С. 347-349

УДК 621.745.669.13

Безуглеродное получение кремния из SiO₂ методом МАСВС

Студентка гр. 104611 Голуб Ю.И.
Научные руководители – Лецко А.И., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время кремний относится к числу основных полупроводниковых материалов современной электроники. В последние годы его используют в различных сферах, а также для создания нетрадиционных источников энергии. Поэтому разработка альтернативных время- и энергосберегающих технологий, обеспечивающих также снижение стоимости конечного продукта, является чрезвычайно актуальной задачей.

Известно восстановление оксидов активными металлами, такими как Al, Mg. Такие реакции, вследствие их высокой экзотермичности, могут быть осуществлены и механохимически: например, восстановление оксида меди алюминием, и методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Целью данной работы является безуглеродное получение кремния с использованием активных металлов, таких как алюминий и магний методами механохимического синтеза и механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС) с последующим выщелачиванием образующихся примесей

В работе использовали «аэросил» (наноразмерный SiO₂ – d < 10 нм) и магниевый порошок (ТУ 4312). Смеси диоксида кремния и магния при различных соотношениях обрабатывали в активаторе АГО-2 (объем барабана 250 см³, диаметр шаров 5 мм, загрузка шаров 200 г, навеска образца 10 г) при различных скоростях вращения барабана и времени активации от 600 об/мин до 1000 об/мин. Активацию проводили в атмосфере аргона.

Магний является еще более активным восстановителем, чем алюминий, поэтому на первом этапе было проведено изучение продуктов механохимического восстановления SiO₂ магнием в среде аргона.

Проведены исследования влияния состава реакционных смесей на процесс синтеза. Рассмотрены эффекты избытка магния в реакционной смеси (при одном и том же количестве оксида кремния). Сравнительные эксперименты проведены для следующих составов:

1. 4,8 г Mg + 6 г SiO₂ (молярное соотношение Mg и SiO₂ – 2:1, стехиометрия)

2. 6 г Mg + 6 г SiO₂ (молярное соотношение Mg и SiO₂ – 2,5:1)
3. 7,3 г Mg + 6 г SiO₂ (молярное соотношение Mg и SiO₂ – 3:1)
4. 9,7 г Mg + 6 г SiO₂ (молярное соотношение Mg и SiO₂ – 4:1)

Согласно рентгенофазовому анализу, основными продуктами СВС являются кремний и оксид магния, подтверждается также образование силиката магния, вторым побочным продуктом является силицид магния Mg₂Si, количество которого сильно увеличивается с увеличением избытка магния (рисунок 1). Это объясняется тем, что восстановленный кремний сразу же взаимодействует с магнием с образованием Mg₂Si. Химически разделить кремний с силицидом кремния проще, чем с силикатом, количество которого при этом уменьшается.

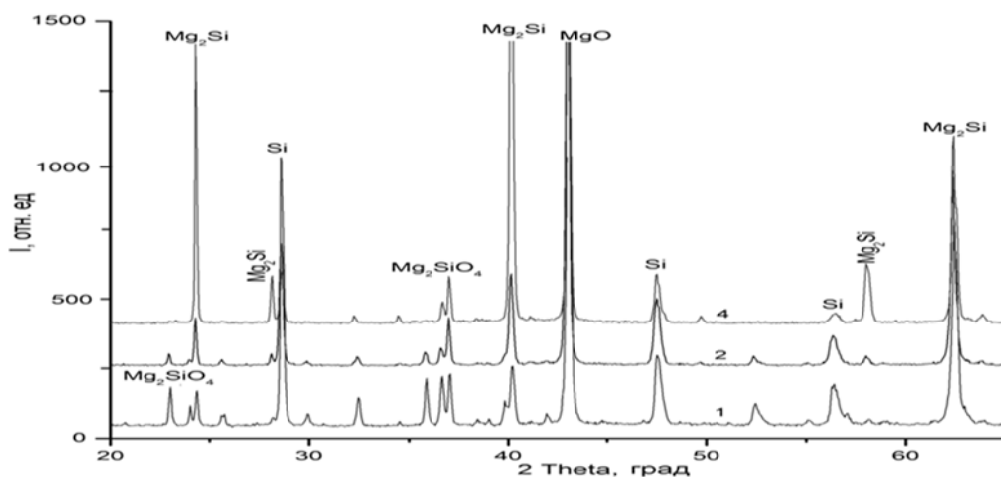


Рисунок 1 – Дифрактограммы продуктов МА СВС для составов 1, 2 и 4

Результаты РФА показали, что после тщательной трёхстадийной обработки продукта СВС различными кислотами кремний был в значительной степени очищен от примесей, таких как MgO, Mg₂Si, Mg₂SiO₄ и остаточный SiO₂ (рисунок 2).

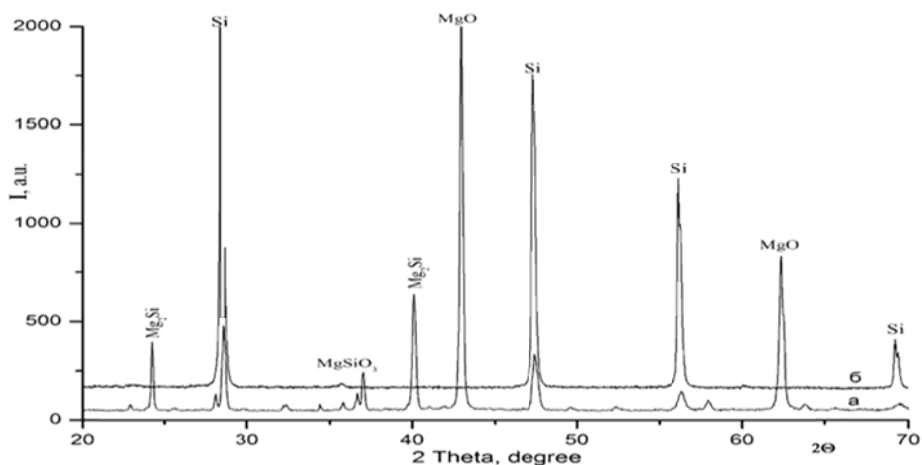


Рисунок 2 – Дифрактограммы образцов состава № 3 после СВС (а) и кислотной обработки

На СЭМ-микрофотографиях продуктов МАСВС в смесях SiO₂ с Mg в характеристических излучениях кремния, магния и кислорода в структуре продуктов, при использовании в качестве прекурсора Mg: SiO₂ = 2:1 четко выделяются как отдельные частицы кремния размером менее 1 мкм, так и агломераты до ≈ 20 мкм (рисунок 3).

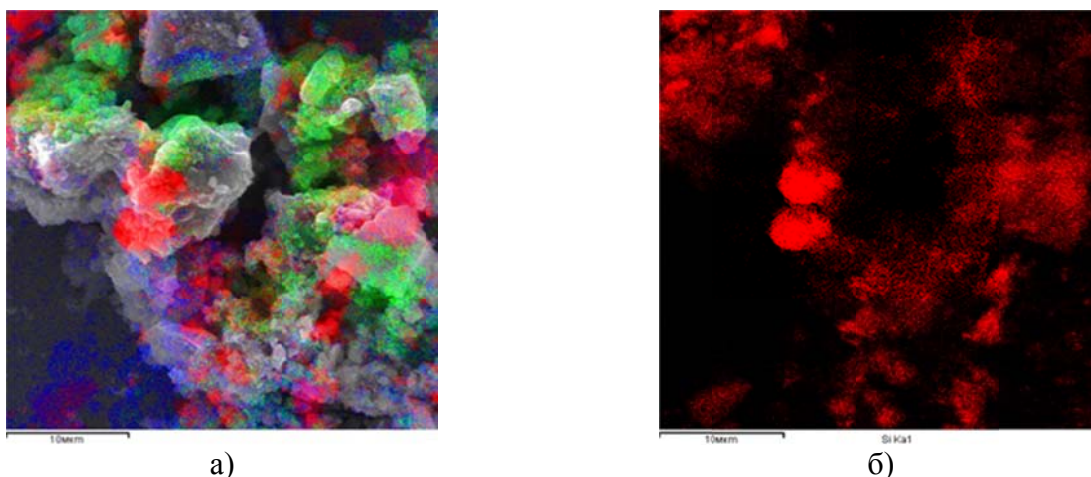


Рисунок 3 – СЭМ-микрофотографии продуктов МАСВС в смесях $\text{SiO}_2 - \text{Mg}$ в характеристических излучениях кремния (красный), магния (зеленый) и кислорода (синий): а – наложение; б – кремний

Проведенные исследования показали, что методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС) можно получать достаточно чистый кремний из диоксида кремния, используя в качестве восстановителя магний.

УДК 621.791:658

Методы исследования причин дефектности сварных соединений

Студент гр.104811 Адериха Д. С.
 Научный руководитель – Занковец П.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В системе обеспечения качества и надежности сварных соединений проблема предупреждения, определения и оперативного устранения причин образования дефектности является одной из важнейших. Обычно причины возникновения дефектов трактуются в общем случае, исходя из особенностей металлургических и тепловых процессов, а также особенностей формирования шва, связанного с режимом сварки и материалами

Однако эти причины, как правило, не учитывают конкретные особенности и условия сварочных работ для отдельной статистически однородной базовой (генеральной) совокупности (БС), поэтому нами были проведены исследования по определению причин, учитывающих специфику подготовительных и сборочно-сварочных работ, т.е. установление связей в цепочке фактор – причина – дефект (Ф – П – Д). В результате исследований конкретных технологических процессов установлена зависимость качества заключительной операции – сварки от определенных производственных факторов, влияющих на процесс. К основным производственным факторам относятся квалификация исполнителей, подготовка и сборка под сварку, сварочные материалы, сварочное и вспомогательное оборудование, сварочный процесс, условия сварки, организация работ, термообработка, дефектоскопический контроль, квалификация ИТР, время года, ритмичность работ.

Каждый фактор представляет собой определенное состояние материалов, оборудования, исполнителей, условий и т.д., учитываемых конкретными параметрами для конкретной базовой совокупности сварных соединений. Назовем эти параметры факторными параметрами (таблица 1).

Таблица 1 – Пример оценки параметров состояния электродов УОНИ 13/45 (фактор «Сварочные материалы»)

№ параметра	Факторный параметр
1.1.	Внешний вид (наличие трещин, вмятин, отколов)
1.2.	Прочность обмазки
1.3.	Наличие эксцентрисности обмазки
1.4.	Состояние поверхности электродного стержня
1.5.	Влажность обмазки
1.6.	Сварочно-технологические свойства электродов

Факторные параметры, удовлетворяющие требованиям технических условий (ТУ) и обеспечивающие ведение операции сварки без образования дефектности, назовем положительными. Факторные параметры, не удовлетворяющие требованиям ТУ и вызывающие появление систематической дефектности, назовем отрицательными.

Отрицательные факторные параметры, вызывающие систематическое появление дефектности при сварке, будем называть факторными причинами или просто причинами дефектов. Факторные параметры, как правило, переменные величины. Под действием различных производственных условий на конкретном объекте сварки они могут изменяться.

Поэтому учет параметров должен быть постоянным, а проверка их состояния систематической. Аналогично показанному примеру параметрически оценивается состояние каждого производственного фактора: «Квалификация исполнителей» – разряд, стаж, тренированность, возраст, состояние здоровья; «Подготовка и сборка» – разделка кромок (угол), состояние кромок, зазор, зачистка, прихватка, и т.д.

Таким образом, установлена зависимость состояния факторов от состояния качества параметров. Проведенными исследованиями установлено, что ряд факторов имеют достаточно высокую вероятность по сравнению с другими и высокую значимость в образовании дефектности.

По данным факторам были проведены дополнительные эксперименты, подтвердившие полученные ранее выводы. На этом основании были приняты 5 важнейших факторов, которые названы нами доминирующими. Определен также их удельный вес в образовании дефектности, (таблица 2).

В дальнейшем все исследования будем проводить с этими установленными факторами, которые определяют качество технологических процессов сборочно-сварочных работ на объектах и являются причиной 85 – 95% образующихся дефектов.

Таблица 2 – Влияние доминирующих факторов на образование дефектности сварных соединений

Фактор	Колебания удельного веса по BC_i , %	Средний удельный вес, %
Подготовка и сборка под сварку	20–34	27
Квалификация исполнителей	24–32	28
Сварочные материалы	17–30	22
Сварочное оборудование	5–13	9
Сварочный процесс	7–12	8

Из полученных результатов исследований следует, что дефектность каждой конкретной базовой совокупности сварных стыков можно рассматривать как многопараметровый регулятор управления качеством, а цепочку Ф–П–Д как управляющую по обратной связи. Общая схема модели, по которой исследовали и устанавливали причины появления дефектности в сварных швах, выглядит следующим образом.

При появлении дефектности (количества и размера дефектов) в сварном соединении выше установленного уровня определяли причины ее образования. После устранения обна-

руженных причин вновь производили определение уровня дефектности. Эту процедуру выполняли до тех пор, пока уровень дефектности не устанавливался в пределах границ, требуемых техническими условиями. Определение дефектности производили по данным визуального, УЗК и РГГ контроля. В первом случае (до устранения причины) определяли связь конкретной причины с конкретными дефектами. Во втором случае (после устранения причины) – влияние данной причины на объем и структуру дефектности.

Как показали выполненные нами исследования, дефекты образуются в результате сочетания различных причин (нарушений), но всегда при каких-то одной-двух доминирующих причинах (ДП). Сложность определения причин заключается в том, что при изменении какой-то одной причины в ряду причин дефект может переходить из одного состояния в другое с другими формами и размерами. Поэтому изучение связей Ф – П – Д возможно не вообще, а конкретно для каждой БС в определенных и заранее известных условиях. Важным результатом нашего исследования является установление причинно-следственных связей между ДП и структурой дефектности, образующейся под влиянием этих причин.

Таким образом, чтобы обеспечить требуемое качество сварных соединений, необходимо осуществлять анализ технологического процесса по алгоритму «дефект–причина–фактор» и производить корректировку технологии и условий производства. Установление этих связей позволяет перейти от пассивного, только регистрирующего брака – к активному предупредительному контролю и управлению технологическими процессами и качеством сборочно-сварочных работ на объектах.

УДК 621.78

Оценка возможности использования вторичных ресурсов в виде ультрадисперсных частиц в покрытии электродов для улучшения сварочно-технологических свойств

Студенты гр.10403112 Ивко Я.В., Кецко А.Н., Серeda В.Ю.
Научные руководители – Комаров О.С., Барановский К.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Производство сварных соединений в Республике Беларусь имеет широкое распространение. Сварка применяется при изготовлении кузовов автомобилей, тракторов, с/х машин, а также отдельных конструкционных деталей. Она широко применяется в строительстве и в ремонтных работах. Естественно, что к качеству шва и, в частности, к его структуре и прочностным характеристикам предъявляется все возрастающие требования. В свою очередь при электродуговой сварке качество шва напрямую зависит от устойчивости горения дуги.

В предлагаемой к рассмотрению работе, ставили задачу повышения устойчивости горения дуги переменного тока и измельчения структуры шва за счет введения в состав покрытия сварочных электродов комплекса вторичных материалов с ультрадисперсными частицами. В качестве таких материалов использовали: алюминат натрия – NaAlO_2 (отход при полировке отражателей ламп) с ультрадисперсными частицами Al_2O_3 ; отработанный полиэтиленгликоль (ПЭГ-200), который применяется при распиливании слитков полупроводникового кремния и содержит ультрадисперсные частицы кремния и карбида кремния.

В ходе подготовки эксперимента на поверхность покрытия электродов марки Стандарт РЦ диаметром 4 мм наносили отработанный ПЭГ-200, алюминат натрия NaAlO_2 , а также совместно то и другое. После нанесения дополнительного покрытия электроды подвергли сушке при температуре 120 °С. Внешний вид покрытых электродов представлен на рисунке 1.

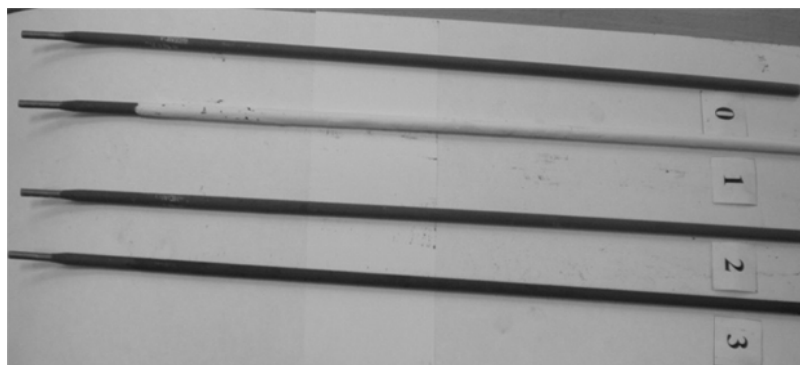


Рисунок 1 – Электроды :

0 – исходный; 1 – $\text{NaAlO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$; 2 – ПЭГ-200+SiC+Si;
3 – (50%- $\text{NaAlO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) + (50% ПЭГ-200+SiC+Si)

Сварку пластин толщиной 6 мм из стали марки Ст3 производили на переменном токе. Сила тока – 150А. Оценку стабильности горения дуги осуществляли визуально. Наиболее легко возбуждалась и устойчиво горела дуга у электрода, с нанесенным на его поверхность покрытия, из смеси ПЭГ -200 и NaAlO_2 .

Качество шва оценивали по результатам визуального осмотра поверхности шва после удаления шлака и по результатам испытания образцов, вырезанных из пластин, на растяжение. Как показал визуальный осмотр, швы получили ровные, крупночешуйчатые, без наплывов, с хорошей отделимостью шлаковой корки.

Кроме того, под микроскопом оценивали микроструктуру металла шва, которая представлена на рисунке 2.

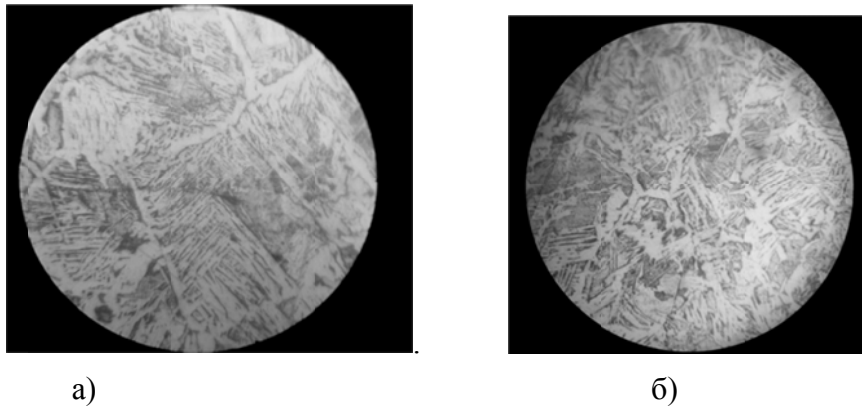


Рисунок 2 – Микроструктура металла шва:

а – сварка исходным электродом;
б – сварка электродом с покрытием (50%- $\text{NaAlO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) +(50% ПЭГ-200+SiC+Si)

В результате металлографического анализа металла шва, полученных сварных соединений, было установлено, что применение электрода для сварки с совместным дополнительным покрытием ПЭГ-200+ NaAlO_2 позволило измельчить структуру.

Испытания на разрыв показали, что прочность металла шва со стандартным покрытием и с дополнительно нанесенным покрытием из NaAlO_2 составила 45 кгс/мм², в то время как с покрытием из ПЭГ-200 она достигла 47 кгс/мм², а для электрода с совместным дополнительным покрытием ПЭГ-200+ NaAlO_2 она повысилась до 48 кгс/мм².

Таким образом, проведенные эксперименты показали возможность использования вторичных ресурсов с ультрадисперсными частицами в составе покрытий сварочных элект-

тродов, позволили улучшить свойства сварных соединений и параллельно решить экологическую проблему их утилизации отходов.

УДК 621.793

Силицирование прессованных заготовок углеграфитовых композиций

Студентка гр. 104611 Гармаза М.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Силицированный графит марки СГ – П получают прессованием различных углеграфитовых композиций с последующим силицированием. Структура и свойства этого материала в зависимости от природы, гранулометрического состава, некоторых технологических параметров и других факторов весьма различны. Используя графитовый порошок, который получается при механической обработке искусственных графитов, можно изготавливать углеродные заготовки для силицирования, аналогичные по свойствам обычным искусственным графитам и отличающиеся от них. Различная реакционная способность отдельных компонентов прессованного материала и своеобразное распределение пульвербакелита в объеме прессовки, а также очень мелкие поры кокса пульвербакелита определяют поведение материала при силицировании.

Отличительная особенность процесса силицирования прессованных углеграфитовых заготовок состоит в том, что образование карбида кремния происходит быстро и при низкой температуре с той частью углеродистого материала, которая имеет более высокую реакционную способность. Большой реакционной способностью будут характеризоваться участки углеродного материала, представляющие собой кокс пульвербакелита, размещенные в местах контакта отдельных частиц графитового порошка. В процессе силицирования в этих местах быстро образуется карбид кремния, который перекрывает транспортные поры. При малом содержании пульвербакелита и низких удельных давлениях прессования этот фактор не имеет существенного значения. Поэтому добавлять в шихту большое количество пульвербакелита и чрезмерно повышать удельное давление прессования не рекомендуется. Учитывая индивидуальные особенности силицирования различных по своей природе углеграфитовых композиций исходной композиции (графиты, сажи, коксы, прокаленные смолы и др.) и зная закономерности их распределения в прессовке, можно получать изделия, процесс силицирования которых будет протекать избирательно. В результате может быть получен силицированный графит с заданным соотношением отдельных фаз (C, SiC, Si) и их распределением по всему объему готового изделия.

Регулируя гранулометрический состав графитового порошка и удельное давление прессования, получают исходные углеродные материалы для силицирования с различной пористой структурой.

С повышением зернистости исходной композиции в прокаленной углеграфитовой прессовке преобладают более крупные поры. Хотя общая величина объема, занимаемого порами, во всех случаях примерно одинакова, все же наблюдается некоторая тенденция к снижению величины степени пропитки. С увеличением крупности зерна снижается и механическая прочность прокаленного материала, что объясняется уменьшением общей площади контакта между графитовыми частицами.

Таким образом, с увеличением крупности зерна углеграфитовой составляющей исходной композиции снижается прочность при сжатии прокаленной прессовки, хотя пористость и сохраняется на одном уровне, степень пропитки несколько снижается.

Фазовый состав изменяется в сторону увеличения содержания свободного кремния и уменьшения содержания карбида кремния. С повышением давления прессования с 1 до 20

МПа общий объем пор в прокаленных прессовках снижается с 37 до 17,10 %. Соответственно изменяются состав и структура силицированного материала. Улучшить состав и структуру материала можно также рациональным подбором компонентов исходной композиции.

УДК 621.793

Легирование металлов и сплавов сгустками порошковых частиц

Студент гр.104610 Демидова П.В.
Научный руководитель – Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Увеличение количества легирующих элементов, как правило, реализуют за счет введение лигатуры в расплав. В настоящее время, использование легирующих добавок в Республике Беларусь ограничено их высокой стоимостью, а также тем, что процесс их легирования требует значительного количества тепловой энергии.

Известно, что динамическое легирование позволяет за доли секунды существенно изменять концентрацию легирующих элементов. Динамическое легирование выполняют под действием высокого давления с поверхности обрабатываемой детали. Динамический массоперенос выполняют при ускорении порошкового материала зарядом взрывчатого вещества. Дополнительным достоинством динамического легирования является возможность синтеза метастабильных соединений.

Эта технология основана на эффектах динамического массопереноса в твердом теле за счет энергии ударных волн. Ударные волны перемещаются в металлическом твердом теле со скоростями 5000 – 6000 м/с. За счет значительных градиентов давления на границах раздела более легкие химические элементы и их соединения с размерами, соответствующими толщине фронта ударной волны или цуга ударных волн, захватываются и перемещаются в объеме твердого тела. Фокусировка ударных волн реализуется за счет градиентов плотности, формируемых при плавлении и затвердевании в сплавах. В зонах фокусировки также реализуется повышенная концентрация легирующих элементов. Неоднородность обрабатываемых материалов при этом скачкообразно увеличивается.

Сверхглубокое проникание (СГП) проявляется при движении частиц в твердых телах на большие глубины, как бы не встречая сопротивления. При скоростях соударения дискретных порошковых частиц 200 – 3000 м/с с металлической преградой в ней создается неравномерное пульсирующее поле давлений. За счет взаимного наложения ударных волн возникают длинномерные пульсирующие зоны высокого давления (5 – 20 ГПа), окруженные зонами фонового давления (0,2-1 ГПа). Частицы легирующего вещества, двигаясь внутри зон высокого давления, трутся о стенки формируемых канальных элементов. Пульсирующие в поперечном и продольном направлении зоны высокого давления переводят матричный материал в псевдожидкое состояние. Это происходит в процессе т.н. динамических фазовых переходов.

При обработках в режиме СГП стальной преграды становится видно, что за период времени $2,57 \cdot 10^{-7}$ с происходит разрушение структуры исходной кристаллической решетки, потеря дальних связей и формирование новой кристаллической структуры, например $\alpha \leftrightarrow \gamma$.

В период времени, когда исходная решетка уже разрушилась, а новая еще не возникла, материал зоны пульсирующего высокого давления представляет собой квазинейтральную смесь положительно заряженных ионов и электронного облака (плотная плазма). За счет пульсации «солитона» высокого давления и движения в нем дисперсных пылевых микрочастиц состояние неустойчивости структура материала сохраняется длительное время, приводя к относительно длительному периоду сверхпластичности.

При движении дискретных частиц в зоне высокого давления происходит потеря массы микроударников, за счет чего зоны высокого давления избирательно легируются. При легировании этих зон концентрация легирующих элементов, а соответственно изменения структурных элементов и макро свойств, в объеме твердого металлического тела создается композиционный материал. При этом матричный материал (металл, сплав) оказывается прошитым волокнами, созданными при взаимодействии вводимых частиц с матрицей.

УДК 621.745.669.13

Новые инструментальные стали

Студент гр. 104610 Гедревич А.Е.
Научный руководитель – Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Новые инструментальные материалы необходимо производить на основании нетрадиционных подходов. Значительные ограничения накладываются высокими ценами на энергию, на легирующие материалы и на современное оборудование. Является перспективным использование инструментальных материалов на основе композитов.

Такой подход снижает долю и затрат на легирующие и армирующие материалы. Использование в качестве базовой технологической операции, т.н. «сверхглубокого проникновения» (СГП) позволило отказаться от традиционной операции спекания порошковых материалов и от использования порошков, как основных конструкционных материалов. В качестве матрицы использовались литые и кованные быстрорежущие инструментальные стали. Армирование стальных прутков по объему реализовывалась волокнами вводимых керамических материалов.

Таким образом, полученные в режиме СГП композиционные стальные прутковые материалы имеют одновременно повышенный уровень износостойкости (1,5-2 раза) по длине, при сохранении ударной вязкости и предела прочности на изгиб на исходном уровне.

Проведенный цикл исследований и натурных испытаний показал, что наиболее перспективным направлением использования таких материалов является применение их для армирования горнорезущего инструмента калийных рудников.

По мере повышения мощности используемых соледобывающих комбайнов происходит рост уровня динамических нагрузок. Как результат растет доля поломочных отказов инструмента и уменьшается срок его службы. Такое изменение структуры отказов уменьшает время работы комбайнов в условиях калийных шахт до капитального ремонта, снижает производительность процесса добычи калийной руды.

Применение новых инструментальных материалов позволяет повысить скорость добычи руды до 2,6-3,2 погонных метров в минуту и уменьшить расход инструмента в 1,5-2,5 раза по сравнению с твердосплавным инструментом.

Такие результаты эксплуатационной стойкости нового инструмента позволяют существенно повысить уровень комфортности работы горношахтного персонала. Это связано с тем, что при таком уровне устойчивости нового инструмента процесс его перезарядки производится только в ремонтную смену. Тогда комбайн выведен из рабочего забоя и вокруг рабочего органа комбайна достаточно свободного пространства. Также исключено использование твердого вольфрамокобальтового сплава, который признан канцерогенным.

Простой переход в оснащении горнорезущего инструмента с твердого сплава на инструментальный стальной композиционный материал в объеме отдельного рудника позволило повысить доходы инструментального производства.

Студент гр. 104611 Кривуленко Н.В.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Важную роль в процессе формирования структуры материала, спекаемого в условиях высоких давлений и температур, играет стадия сжатия порошка в аппарате высокого давления, предшествующая нагреву. Она во многом определяет последующий процесс спекания. В процессе консолидации обычных порошков при высоких давлениях происходит интенсивное разрушение их частиц и зерен. Увеличение плотности прессовок связано с проскальзыванием частиц и размещением более мелких продуктов дробления в межчастичных порах. Эти процессы особенно характерны для хрупких керамических порошков. Консолидация металлических порошков происходит в значительной степени за счет пластической деформации частиц. Консолидация обычных микропорошков при высоких давлениях сопровождается хрупкой и пластической деформацией частиц, в результате которой система становится еще более дисперсной. Основные особенности консолидации УДП (ультрадисперсные порошки) определяются свойствами их частиц и обусловлены главным образом высоким значением поверхностной энергии, связанной с большой удельной поверхностью частиц порошка.

Особенностью консолидации нанодисперсных порошков при высоких давлениях является то, что поверхности частиц трансформируются в границы зерен консолидируемого материала. Под действием давления изменяется состояние атомов на границах. Они находятся в нестабильном состоянии. Границы отличаются низкой атомной плотностью и высокой атомной энергией. Поскольку в нанокристаллическом материале границы занимают большой объем, состояние граничных атомов оказывает существенное влияние на структуру и свойства нанокристаллического материала. При этом для нанодисперсных порошков хрупких материалов, так же как и для обычных при обработке высоким давлением наблюдается измельчение структуры. Плотность образцов, компактированных из нанопорошков при высоких давлениях, зависит также от скорости нагружения и времени выдержки под давлением. При фиксации давления плотность продолжает расти при постоянном давлении. Это говорит о том, что поведение порошковых тел при прессовании определяется преимущественно дисперсностью и морфологией частиц, а роль природы химической связи в значительной степени нивелирована.

На первой с увеличением давления до 1,5 – 2,5 ГПа наблюдается резкое падение их электрического сопротивления, а на второй при более высоких давлениях - его монотонное уменьшение. При этом характер изменения электрического сопротивления микро- и нанопорошков в зависимости от давления различен, и для микропорошков его величина на порядок ниже. Существенное уменьшение электрического сопротивления микропорошков в диапазоне давлений 0-2 ГПа связано со стадией их активного уплотнения за счет дробления и перегруппировки частиц, а дальнейшее монотонное уменьшение вплоть до давления 4 ГПа - с их деформацией и ростом площади контактов между частицами. Для нанопорошков указанные закономерности менее выражены вследствие их большей удельной поверхности и величины поверхностного трения в процессе сжатия в камере высокого давления. Поэтому различие между первой и второй стадиями уплотнения не такое резкое, как для микропорошков. Это свидетельствует о различных механизмах их уплотнения. В отличие от микропорошков уплотнение нанопорошков может происходить только за счет взаимного проскальзывания частиц.

Структура и свойства наноматериалов, спеченных при высоком давлении, определяются как термодинамическими условиями их спекания (давление, температура), так и кинетическими параметрами (временем их воздействия, а также характером их изменения в процессе спекания). При этом термодинамические параметры спекания обеспечиваются характеристиками аппарата высокого давления, а кинетические параметры спекания в значительной степени определяются возможностями системы управления РТ – условиями в зоне спекания. С учетом высокой скорости протекания процессов консолидации нанопорошков при высоких давлениях особое значение имеет точность задания и регулировки температуры и давления в процессе спекания.

УДК 621.793

Получение, свойства и области применения тонкопленочных покрытий карбида кремния

Студент гр. 10406112 Жук В.А.

Научный руководитель – Ковалевский В.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Карбид кремния – единственное полупроводниковое бинарное соединение $A^{IV}B^{IV}$. Тип связи – ковалентный, доля ионной составляющей порядка 10%. Ширина запрещенной зоны для кристаллов SiC составляет 2,39 эВ, для различных модификаций SiC ширина запрещенной зоны может иметь значение в пределах от 2,72 до 3,34 эВ. Большие значения ширины запрещенной зоны позволяют создавать на его основе полупроводниковые приборы, сохраняющие работоспособность при температурах до 600°C. Собственная электропроводность из-за большой ширины запрещенной зоны наблюдается лишь при температурах выше 1400°C. Карбид кремния тугоплавок ($t_{пл}$ 2830°C), химически стоек, по твердости уступает лишь алмазу и нитриду бора: твердость по MOOCy – 9,1 – 9,5; микротвердость 3300 – 3600 кгс/мм². Карбид кремния обладает высокой термической, химической и радиационной стойкостью, выделяется своей устойчивостью к окислению среди многих окалиностойких сплавов и химических соединений. Заметно окисляется только при температурах выше 800 °C. Он не реагирует с минеральными кислотами любых концентраций, включая и плавиковую кислоту. При комнатной температуре химически взаимодействует с ортофосфорной и кислотой и смесью азотной и фтористоводородной кислот при температуре 200 °C. Вплоть до 1100 °C с карбидом кремния совершенно не взаимодействует азот. Инертен он также в среде водорода и углекислого газа. В среде хлора теряет устойчивость при сравнительно низких температурах. Карбид кремния активно разлагается с образованием соответствующих силикатов при сплавлении с едкими и углекислыми щелочами и перекисями.

Карбид кремния, благодаря ряду уникальных свойств: большой ширине запрещенной зоны, чрезвычайно высокому критическому полю лавинного пробоя, теплопроводности, превосходящей при комнатной температуре теплопроводность меди, химической и радиационной стойкости является перспективным материалом для применения в различных областях современной электроники. Структуры на его основе обладают стабильными временными характеристиками, широким диапазоном рабочих температур (вплоть до 900 °C) и могут быть использованы при создании новых приборов микро-, СВЧ-, мощной и сильноточной электроники, полупроводниковых детекторов ядерных частиц и фотоэлектропреобразователей УФ излучения. Кроме того, важным направлением развития технологии микроэлектроники в настоящее время является совмещение широкозонных материалов (GaN, AlN) с кремниевой электроникой. Слои карбида кремния на кремниевых подложках используются для последующего роста нитрида галлия и нитрида алюминия.

Монокристаллический SiC используют для изготовления радиационностойких светодиодов, обладающих очень высокой надежностью и стабильностью работы. Его можно ис-

пользовать для изготовления высокотемпературных силовых полупроводниковых приборов, полевых транзисторов, туннельных диодов, счетчиков частиц высокой энергии, терморезисторов, нелинейных резисторов, а на основе пленок аморфного SiC – светодиоды и солнечные элементы.

Из-за высоких значений температуры и давления, при которых существует расплав карбида кремния, классические методы получения из него монокристаллов не применимы. Используют методы выращивания кристаллов SiC из газовой фазы или из растворов в расплаве. Большое распространение получил метод сублимации. В этом методе рост кристаллов карбида кремния происходит из газовой фазы в графитовых тиглях в атмосфере инертных газов при температуре 2500 – 2600°C. Гетероэпитаксиальные слои выращиваются методом газофазной эпитаксии в открытой системе. В качестве газа-носителя используется водород диффузионной очистки; в первой зоне свободный углерод связывается с водородом и переносится в зону роста полупроводниковой пленки. Чистый карбид кремния можно получить с помощью так называемого процесса Лели, в котором порошкообразный SiC возгоняется в атмосфере аргона при 2500 °C и осаждается на более холодной подложке в виде чешуйчатых монокристаллов размерами до 2×2 см. Этот процесс дает высококачественные монокристаллы, в основном состоящие из 6H-SiC фазы (это связано с высокой температурой роста). Улучшенный процесс Лели при участии индукционного нагрева в графитовых тиглях дает еще большие монокристаллы до 10 см в диаметре. Кубический SiC, как правило, выращивается с помощью более дорогостоящего процесса – химического осаждения паров. Чистый карбид кремния также может быть получен путем термического разложения полимера полиметилсилана (SiCH₃)_n, в атмосфере инертного газа при низких температурах. Одним из наиболее технологичных методов создания тонких пленок карбида кремния является метод вакуумного лазерного испарения. Лазерное излучение обеспечивает самую высокую плотность энергии на распыляемой поверхности, что делает данный метод практически безальтернативным при получении сложных систем, в состав которых входят элементы с различными коэффициентами распыления. На протяжении последних двух десятилетий метод импульсной лазерной абляции стал предметом возрастающего интереса исследователей благодаря расширяющемуся кругу применений (среди них нанесение тонких пленок различных соединений, обработка и травление поверхности, производство кластеров и нанокластеров, и т.д.). Но, несмотря на все более глубокое проникновение в физику процессов, происходящих в процессе импульсной лазерной абляции, механизмы лазерного испарения материалов все еще далеки от полного понимания.

В настоящее время наиболее перспективными методами нанесения покрытий являются вакуумно-плазменные методы. Это обусловлено их экологической безопасностью, высокой чистотой технологических процессов и качеством продукции. Магнетронное распыление, в отличие от обычного диодного распыления, позволяет получать высокую плотность ионного тока, а значит, и высокие скорости распыления при относительно низких давлениях порядка 0,1 Па и ниже. В отличие от других способов нанесения тонкопленочных покрытий, способ магнетронного распыления позволяет достаточно тонко регулировать толщину металлического слоя, а значит, его сопротивление, что очень важно при создании структур с определенной проводимостью.

Получение наноструктурных покрытий карбида кремния перспективно осуществлять с использованием магнетронного распыления составных катодов кремний – графит в среде аргона, при котором возможно получение покрытий в виде смеси атомов кремния и углерода. Использование планарного магнетрона позволяет реализовать электрический разряд для распыления мишени – катода. Пленки карбида кремния с аморфной структурой получены магнетронным методом из мишени спеченного SiC при осаждении на подложках с температурой 20°C. Изменение электросопротивления пленок в зависимости от температуры отжига оценивали в диапазоне 40...400°C. Максимальное значение твердости в пленках составило 2400 кг/мм².

Метод магнетронного распыления позволяет получать тонкие пленки высокого качества с рекордными физическими характеристиками (толщина, пористость, адгезия и пр.), а также проводить послойный синтез новых структур (структурный дизайн), создавая пленку буквально на уровне атомных плоскостей.

УДК 621.793

Получение тонких пленок методом вакуумного лазерного испарения

Студент гр. 104611 Лазарчик М.В.
Научный руководитель – Жук А.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из наиболее технологичных методов создания тонких пленок карбида кремния является метод вакуумного лазерного испарения. Лазерное излучение обеспечивает самую высокую плотность энергии на распыляемой поверхности, что делает данный метод практически безальтернативным при получении сложных систем, в состав которых входят элементы с различными коэффициентами распыления. Например, получение омических контактов к карбиду кремния и материалам на основе соединений $A^{III}B^V$ желательнее проводить с нанесением всех слоев в едином технологическом вакуумном цикле, что возможно только при использовании лазерного испарителя, причем одного типа. Модификация поверхности лазерным излучением позволяет существенно повысить качество получаемых контактов.

Дополнительным преимуществом метода лазерного распыления в случае карбида кремния является то, что состав реагирующих элементов ограничивается кремнием и углеродом, благодаря чему достигается высокая чистота получаемых пленочных структур.

В физической литературе термином «абляция» (от лат. «ablation» — отнятие, устранение) обозначают совокупность сложных физико-химических процессов, результатом которых является удаление (унос) вещества с поверхности или из объема твердого тела. Следуя значению латинского корня, абляцией можно назвать любую потерю. Поэтому иногда термин «лазерная абляция» толкуют расширительно, обозначая им любой процесс лазерно-стимулированного удаления вещества, включая удаление летучих продуктов химического травления и даже эмиссию электронов.

На протяжении последних двух десятилетий метод импульсной лазерной абляции стал предметом возрастающего интереса исследователей благодаря расширяющемуся кругу применений (среди них нанесение тонких пленок различных соединений, обработка и травление поверхности, производство кластеров и нанокластеров, и т.д.).

Типичная установка ИЛО, состоит из вакуумной системы, системы лазерного испарения и системы нагрева подложек. В качестве источника лазерного излучения могут использоваться различные типы мощных лазеров, например 1) твердотельный лазер $YAG:Nd^{3+}$ (1064 нм) и его гармоники 532 нм, 354.7 нм, 266 нм, 213 нм; и 2) эксимерные лазеры $XeCl$ (308 нм), KrF (248 нм), ArF (193 нм), F_2 (157 нм). Распыляемая мишень устанавливается в вакуумной камере под углом 45° относительно падающего на ее поверхность лазерного излучения. Подложки располагаются параллельно мишени, на расстоянии от 4 до 10 см. В начале лазерного импульса происходят разогрев мишени и испарение небольшой дозы вещества. Степень ионизации газа увеличивается с ростом температуры, при этом растет и коэффициент поглощения проходящего через него излучения. В некоторый момент наступает тепловой пробой, пар полностью ионизируется, и поглощение в нем резко возрастает. В дальнейшем только малая часть излучения будет доходить до мишени, а основная энергия импульса пойдет на разогрев плазменного облака. К концу лазерного импульса испаренным оказывается приповерхностный слой мишени, а над облученной областью формируется плазменный факел.

Затем плазма разлетается в вакуум. Ее температура, то есть энергия хаотического движения, падает, в то же время вследствие газодинамического и электростатического разгона растет кинетическая энергия ионов. На некотором расстоянии от мишени плотность плазмы уменьшается настолько, что столкновения частиц практически прекращаются, и наступает стадия инерциального разлета. К этому времени формируется диаграмма разлета испаренного вещества, максимум которой совпадает с нормалью к поверхности мишени. Впереди летят самые быстрые ионы, а замыкают движение наиболее медленные частицы — в основном нейтральные атомы. Взаимодействие этого потока с подложкой определяет свойства слоя, сформированного за один лазерный импульс. Так как этот процесс периодически повторяется, на поверхность подложки осаждается тонкая пленка.

Свойства тонких пленок карбида кремния определяются технологическими условиями их получения. В случае лазерной абляции основными технологическими факторами являются: 1 – параметры лазерного излучения (длина волны излучения, длительность импульса излучения, частота следования импульсов и т.д.), 2 – материал используемой подложки и способ ее очистки перед началом процесса осаждения, 3 – характеристики материала мишени (химический состав, политип, плотность), 4 – температура подложки, 5 – уровень вакуума, 6 – геометрический фактор (расстояние мишень – подложка, угол падения лазерного луча на поверхность мишени).

В экспериментальных данных по измерению количества вещества, испаренного лазерным импульсом, имеется значительный разброс. Это характерно даже для результатов, полученных при номинально тех же самых условиях опыта. При сравнении результатов, полученных разными авторами, становится ясно, что количество испаренного вещества в значительной мере зависит от детальных условий проведения эксперимента. Одна из самых значительных неопределенностей, возникающих при сравнении данных различных работ, связана с измерением площади лазерного пучка, а также с различной плотностью материала мишени.

УДК 621.793

Алмазоподобные покрытия: получение, свойства и области применения

Студент гр. 10406112 Мухля А.Д.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Эффективность, долговечность, надёжность деталей, узлов машин и приборов в значительной степени определяется не объёмными, а поверхностными свойствами используемых материалов. Нанесение тонкоплёночных покрытий даёт большие возможности по получению необходимых поверхностных свойств изделий. Тонкоплёночное покрытие позволяет изменить химический состав и структуру поверхности, её физические и химические свойства, степень чистоты обработки поверхности и её микрогеометрию. Применение алмазоподобных покрытий, очень эффективно для инструментов, применяемых в обработке алюминия. Практически устраняется проблема прилипания алюминия к инструменту, как следствие, инструмент работает без замены в разы, а то и в десятки раз дольше. Также, применение в пластиковой промышленности, даёт эффект отсутствия прилипания пластика к инструменту покрытого алмазоподобным покрытием. Алмазоподобные пленки можно использовать в автомобилестроении для снижения трения некоторых деталей и в деревообработке, так как многие технологические процессы в этой отрасли связаны с налипанием смол, а данная технология помогает избежать этого.

Области применения покрытий:

- Металлизация углеродных волокон и тканей для композиционных материалов.

- Металлизация порошков алмаза, сбора порошков из других материалов.
- Тугоплавкие защитные покрытия.
- Антидиффузионные барьерные слои.
- Металлизированные не термостойкие материалы в частности пластмасса.
- В связи с возможностью нанесения толстых покрытий ХТР применяется для восстановления изношенных деталей и их упрочнения.
- Мелкоразмерный режущий инструмент или микроинструмент (увеличение срока эксплуатации до 3 раз; толщина 1-3 мкм; твердость до 60 ГПа)
 - Штампы, пресс-формы, фильеры
 - Иглы для текстильной промышленности
 - Торцевые уплотнения и втулки
 - Пары трения деталей машин, упрочняющие алмазоподобные углеродные покрытия на деталях двигателей машин (увеличение срока эксплуатации до 2 раз, коэффициент трения до 0,1; твердость – 20-50 ГПа)
 - Медицинский инструмент
 - Детали часов (высокие декоративные, износостойкие свойства; толщина 1-3 мкм; твердость – 20-40 ГПа)

Свойства алмазоподобных покрытий могут быть достаточно близки (50-80%) от свойств алмаза, твердость 35-80 ГПа. И определяется содержанием SP³ связями. Алмазоподобные покрытия состоят из углерода находящимся в аморфном состоянии, т.е. в таком состоянии в котором имеется ближний порядок и отсутствует дальний порядок. Атомы углерода соединены между собой по типу химической связи алмаза: SP³ – гибридизация, может достигать 80% остальные находятся в SP² – гибридизация, характерная для графита. В алмазоподобных покрытиях может содержаться и водород и азот. Алмазоподобные покрытия, как правило, разрабатываются и производятся на основе углерода.

Алмазоподобные покрытия получают методом импульсного осаждения из плазмы катодно-дугового разряда в вакууме. С помощью импульсного разряда могли также регулировать толщину покрытия: чем меньше импульсов подаем, тем тоньше покрытие и наоборот. Свойства алмазоподобных покрытий, полученных с помощью технологии импульсного вакуумно-дугового разряда, оказались максимально близки к свойствам алмаза по прочности и свойствам графита по скольжению: плотность – около 3,2 г/см³, микротвердость – 80 – 100 ГПа и коэффициент сухого трения – около 0,1 (у алмаза эти показатели равны 3,5 г/см³, 100 ГПа и 0,1 соответственно).

Способ формирования углеродного алмазоподобного покрытия в вакууме осуществляется следующим образом. Осуществляют предварительную подготовку механическим способом поверхности изделия с последующим обезжириванием. Затем помещают изделие в вакуумную камеру в специальное приспособление и закрепляют.

Камеру вакуумируют до 5×10^{-3} Па. При обработке металлического изделия в качестве ускоренных ионов используют ионы металла, которые генерируют электродуговым источником с титановым катодом. Ток дуги устанавливают равным 60 – 80 А, при этом на изделие подают отрицательный потенциал 1000 – 500 В. Таким образом осуществляют обработку поверхность изделия ускоренными ионами. Затем осуществляют электродуговое вакуумное распыление графитового катода и получают углеродную плазму. Поддерживают температуру изделия в пределах 200 – К посредством регулирования частоты следования импульсов разряда. Осаждают полученную углеродную плазму на поверхности изделия и получают углеродное алмазоподобное покрытие.

Если после предварительной обработки визуально или под микроскопом обнаружено, что обработка проведена неэффективно и на поверхности изделия остались окисные пленки, увеличивают продолжительность ионной обработки поверхности изделия ускоренными ионами металла, при этом повышают температуру изделия до 473 - 573 К. Затем охлаждают изделие до 293 - 300 К. Повторно обрабатывают поверхность изделия ускоренными ионами

металла до достижения температуры 323 К. Для повышения интенсивности очистки процесс ионной обработки осуществляют в атмосфере аргона при давлении 10^{-2} - 10^{-1} Па. При обработке изделия из диэлектрика в качестве ускоренных ионов используют ионы газа, выбранного из группы, состоящей из аргона, азота, кислорода или их смеси.

В качестве графитового катода в указанном способе используют графит высокой степени очистки, в котором количество пор составляет около 0,5%. Для повышения качества алмазоподобного углеродного покрытия используют графит высокой степени очистки с минимальным количеством пор, поскольку в порах находятся примеси: газ - азот, кислород, пары воды. Эти примеси, попадая в формируемое покрытие, ухудшают его качество. Для того, чтобы получить полупроводниковые свойства алмазоподобного покрытия, в качестве графитового катода используют графит с примесью легирующего элемента, в качестве которого используют элемент, выбранный из группы, состоящей из кремния, германия, осмия, висмута, фосфора, сурьмы. В настоящее время актуальной задачей является нанесение алмазоподобного покрытия на основе графита магнетронным распылением. Магнетронное распыление относится к методам распыления материалов ионной бомбардировкой.

УДК 621.793

Фильтры из порошковых материалов: свойства, получение, область применения

Студент гр. 104611 Федюк И.Л.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Фильтры из порошковых материалов по сравнению с другими пористыми изделиями обладают рядом преимуществ: высокой степенью очистки при удовлетворительной проницаемости, высокими жаростойкостью, прочностью, сопротивлением абразивному износу, теплопроводностью и др. Фильтры на основе порошковых металлов, наряду с пористыми подшипниками, составляют главную часть пористых изделий из порошковых материалов.

Их используют для отделения газов и жидкости от посторонних примесей, для очистки газов при их производстве и практическом использовании, отходящих газов в химической, металлургической, атомной и цементной промышленности. Коррозионностойкие фильтры используют для очистки воды, молока, растворов щелочей и кислот. Методами порошковой металлургии изготавливают также пористые уплотнительные прокладки, антиобледенители, пламегасители, конденсаторы, пеноматериалы и другие материалы.

Фильтрующие свойства порошковых материалов представлены пористостью, проницаемостью, тонкостью фильтрации и грязеёмкостью. Тонкость фильтрования характеризует качественный процесс очистки жидкости от загрязнений. В общем случае тонкость фильтрования определяется абсолютной и номинальной тонкостью фильтрования и коэффициентами отфильтровывания и полнотой фильтрования. Абсолютная тонкость фильтрования определяется как максимальный размер частиц загрязнений, пропускаемых фильтром.

Номинальная тонкость фильтрования представляет собой минимальный размер частиц, прошедших через фильтр. Коэффициент полноты отфильтрования характеризует уменьшение массы загрязнений в рабочей жидкости при однократном её пропускании через пористый порошковый материал. Грязеёмкость фильтра представляет собой массу загрязнений, задержанных на единице площади фильтрующего материала во время повышения давления от начального до предельного.

Спеченные фильтры изготавливают из порошков металлов или сплавов однородной фракции определённого химического состава. Порошки могут иметь как сферическую, так и несферическую форму. Основное преимущество фильтров, изготовленных из несферического порошка, состоит в том, что они имеют повышенную механическую прочность за счет

лучшего контакта частиц неправильной формы с разветвленной поверхностью по сравнению с точечным контактом сферических порошков. Однако в производстве спеченных фильтров целесообразнее выбирать порошки с частицами сферической формы, так как материал из таких порошков обладает лучшей проницаемостью, поддающейся регулировке и регенерации.

Современные методы порошковой металлургии позволяют изготавливать фильтры с изменяемой и регулируемой пористостью, проницаемостью и степенью очистки. Фильтры небольших размеров изготавливают методом спекания свободно засыпанного порошка. При этом для равномерного распределения порошка необходимо встряхивание или вибрирование формы. В этом случае сферическая форма частиц порошка не изменяется, что способствует сохранению максимальной проницаемости материала.

Для получения материалов с повышенной пористостью (40 – 75%) и удовлетворительными прочностными свойствами в порошки перед стадией деформирования заготовки вводят специальные добавки, которые предназначены для одновременного увеличения прочности и сохранения высокой пористости фильтра.

УДК 621.762

Методы получения тугоплавкой керамики на основе нитрида кремния

Студент гр. 104611 Чукашев П.С.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Данный класс относится как к оксидной, так и к безоксидной керамике. Это материалы на основе карбидов, нитридов, боридов, оксидов (AlN , Si_3N_4 , SiC , TiN , TiB_2 , ZrO_2 , Al_2O_3). Основными способами получения тугоплавкой керамики являются: твердофазное и жидкофазное спекание, реакционное спекание, спекание в ударных волнах, спекание под давлением. При твердофазном спекании протекают следующие основные процессы: поверхностная и объемная диффузия атомов, усадка, рекристаллизация, перенос атомов через газовую среду. Спекание сопровождается возникновением и развитием связей между частицами, образованием и ростом контактов (шеек), закрытием сквозной пористости, укрупнением и сфероидизацией пор, уплотнением заготовки за счет усадки.

В процессе спекания происходит массоперенос вещества через газовую фазу за счет поверхностной и объемной диффузии, вязкого течения, течения, вызванного внешними нагрузками (спекание под давлением). При спекании наблюдается также рекристаллизация (рост одних зерен за счет других той же фазы). Уплотнение при нагреве в основном происходит за счет объемной деформации частиц, осуществляемой путем объемной самодиффузии атомов.

Процесс спекания с участием жидкой фазы находит огромное техническое применение, в частности, при производстве изделий, в состав которых входят карбиды металлов. Они обладают большой твердостью и в связи с этим широко используются при производстве режущего инструмента. Жидкая фаза, кристаллизуясь, играет роль связки, цементирующей изделие в целом. Технология спекания с участием жидкой фазы широко применяется при производстве различных композитных материалов.

Кинетика процессов, которые происходят при спекании (усадке) порошковой пресовки при наличии жидкой фазы, существенно зависит от начальной пористости пресовки, количества жидкой фазы, линейного размера порошинок, степени смачивания твердой фазы жидкостью, взаимной растворимости фаз и др. Она зависит также от происхождения жидкой фазы, т.е. появилась ли жидкая фаза вследствие расплавления легкоплавкого компонента смеси или вследствие "контактного" плавления, когда жидкая фаза возникает при температуре, более низкой, чем температура плавления компонентов смеси. Последовательное фор-

мальное описание всех процессов, происходящих при жидкофазном спекании, практически исключено в связи с тем, что кинетика уплотнения и формирования твердофазного скелета определяются многими процессами, происходящими одновременно и во взаимосвязи. Принято выделять три последовательно сменяющие друг друга механизма (стадии) уплотнения при жидкофазном спекании:

- жидкое течение, т.е. перемещение твердых частиц под действием капиллярных сил;
- растворение и осаждение, т.е. перенос через жидкость растворимого в ней вещества тугоплавкой фазы с поверхности частиц меньшего размера к поверхности более крупных частиц;
- твердофазное спекание, т.е. срастание частиц тугоплавкой фазы с образованием жесткого каркаса («скелета»).

Например, реакционное спекание нитридной керамики связано с взаимодействием газообразного азота с кремнием или кремнийсодержащими соединениями, в результате чего образуется вторичный Si_3N_4 или окси нитрид кремния Si_2ON_2 . При реакционном спекании Si_3N_4 происходят следующие элементарные процессы: испарение кремния, его взаимодействие в парогазовой фазе с азотом с образованием вторичного α - Si_3N_4 ; растворение азота в кремниевом расплаве; кристаллизация из расплава вторичного β - Si_3N_4 на частицах первичного нитрида кремния. Примеси металлов или оксидов способствуют растворению азота в кремнии и кристаллизации β - Si_3N_4 . Поскольку в ходе реакционного спекания доминирующую роль играет газовая фаза, от пористости заготовки -зависит полнота азотирования кремния. Установлено, что при азотировании прессовок из порошка кремния их максимальная относительная плотность не должна превышать 60 %. При меньшей пористости реакционное спекание не обеспечивает полное азотирование.

На начальной стадии при 1100-1350°C синтезируется α - Si_3N_4 , заполняющий поры. При температурах выше точки плавления кремния кристаллизуются из расплава частицы α - и β - Si_3N_4 , образующие непрерывный нитридный каркас. Следует отметить, что объем пор является основной средой, в которой проходят газотранспортные химические реакции, направленные на формирование вторичных фаз.

Поэтому остаточная пористость реакционноспеченных материалов на основе Si_3N_4 неизбежна. Для ее снижения разработаны способы дополнительной обработки, которые связаны с пропиткой пористого каркаса галогенидами кремния и последующей обработкой в среде аммиака для образования имида кремния. Это соединение при термообработке превращается в Si_3N_4 , а галогенид аммония удаляется. При многократном повторении такой операции пористость реакционноспеченной нитридной керамики снижается с 20 до 5 %. В результате реакционного спекания при повышенном давлении азота с использованием кремнийсодержащих засыпок, способствующих переносу паров Si и осаждению Si_3N_4 в порах спекаемого материала, также возможно получение нитридной керамики с повышенной плотностью.

УДК 629.115

Испытание фрикционного материала для самосвала Белаз

Студент гр.104612 Леонович А.С.

Научные руководители – Лешок А.В., Хренов О.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 60 тонн, погрузчики, специальные транспортные средства производства Белорусского автомобильного завода (БелАЗ), а так же самосвалы и машины Могилёвского автомобильного завода (МоАЗ) комплектуются гидромеханической передачей (ГМП). Фрикционы гидромеханических передач работают в сложных, напряженных условиях. В процессе включения они воспринимают статические и дина-

мические нагрузки, поверхности трения фрикционных подвержены воздействию большой удельной тепловой энергии и интенсивному изнашиванию. Максимальное удельное давление на поверхности дисков для некоторых режимов работы ГМП может достигать 6 МПа (60 кгс/см²).

Проведенные исследования поведения фрикционных дисков различных материалов и производителей на инерционном стенде «УЛИС» показали, что режимам эксплуатации ГМП БелАЗ (это относительно жесткие условия эксплуатации: перебои подачи масла, кратковременные аварийные изменение скорости и нагрузки) наиболее соответствуют фрикционный материал МК-5 и материал фирмы «Wellman». Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе, материал на основе латуни и материал ФМ-12 может быть применён только в узлах трения с гарантированно стабильной и обильной смазкой, или высокой скоростью отвода тепловой энергии.

Численные значения показателей работы дисков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний фрикционных материалов на стенде «УЛИС» (давление 2 и 4 кгс/см², расход масла 0.3 м³/с и 8.8 м³/с, скорость скольжения 2400 мин⁻¹, длительность цикла торможения не более 120 сек)

Производитель	Коэффициент трения (динамический)	Максимальный коэффициент трения	Стабильность коэффициента трения	Средний износ мкм/км
БелАЗ	0,033-0,037	0,069	0,47	4,0
Miba	0,044-0,049	0,085	0,55	8,9
Miba	0,03	0,075	0,46	12,5
Wellman	0,037-0,044	0,088	0,50	2,6
ИПМ	0,050-0,054	0,082	0,70	6,9

Фрикционный материал МК-5 обладает относительно низким коэффициентом трения 0,033-0,037 из всех исследованных материалов, при этом материал имеет более высокую износостойкость. При экстремальных условиях практически не наблюдается перенос материала на диск стальной.

Фрикционный материал на основе латуни имеет относительно высокий коэффициент трения и более стабильный. Однако, при недостаточной смазке, материал склонен к быстрому схватыванию и катастрофическому износу. Такие особенности износа фрикционного материала по-видимому связаны с его химическим составом (7 – 8 % Zn) и структурой характерной для латуней.

Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе обладает высоким и стабильным коэффициентом трения, практически не происходит схватывания. Однако, при недостаточной смазке происходит деструкция фрикционного слоя и его разрушение.

УДК 621.375.826

Исследование зоны термического влияния КЭП обработанного высокоэнергетическим источником энергии

Студент гр.104813 Шугай С.В.
 Научный руководитель – Боровик Д.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Представлены результаты исследований влияния лазерной обработки на структуру и свойства композиционного электрохимического покрытия (КЭП) на железной основе с наполнителем в виде порошка (Cr₇C₃ - TiC - Cr₃C₂).

Образцы для нанесения КЭП выполнялись из низкоуглеродистой стали в виде шайб круглого сечения и толщиной 10 мм. В качестве электролита использовали хлористый электролит железнения со следующим составом: FeCl_2 - 350 ± 10 г/дм³, HCl – 1 г/дм³ (рН = 0,8). Технологические параметры нанесения покрытий: катодная плотность тока (I_k) - 15, 30, 45 А/дм²; температура электролита 75 ± 5 °С; время осаждения выбиралось исходя из необходимой толщины покрытия. Порошок вносили непосредственно в электролит в количестве 30 г/л. Микротвердость КЭП по усредненным данным составляет $\text{HV} = 3500-4000$ МПа. При проведении экспериментов был использован комплекс лазерной наплавки, состоящий из установки лазерной наплавки Комета – 2 и манипулятора. Режимы лазерной обработки (непрерывное излучение): мощность излучения – 1 кВт; диаметр пятна нагрева 1 мм; скорость перемещения пятна нагрева – 1500 мм/мин; расстояние между дорожками – 1 мм.

По мере удаления от эпицентра нагрева образуется характерная зона термического влияния (ЗТВ), которая в свою очередь делится на 3 основные: полного переплава, закалки и отпуска. В зоне полного переплава микротвердость составляет $\text{HV} = 7000-8000$ МПа с постепенным уменьшением твердости с удалением от эпицентра обработки.

Анализируя микроструктуру, можно говорить о том, что фазовые и структурные превращения под воздействием лазерного излучения между порошком (Cr_7C_3 - TiC - Cr_3C_2) и железной матрицей приводят к образованию тугоплавких карбидов. Определение механизма и характера взаимодействия многокомпонентного порошка наполнителя с железом при локальной лазерной обработке требует дальнейших исследований.

УДК 621.791:658

Информационные технологии в исследовании причинно-следственных связей образования дефектов сварки и обеспечении качества сварных соединений

Студент гр.104811 Лимановский А. М.
Научный руководитель – Занковец П.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время из-за многих причин резко увеличилась частота аварий и катастроф на продуктопроводах. Причем, по данным Госпромнадзора МЧС, главной причиной (> 80% случаев) являются отказы сварных соединений или нарушение их герметичности. Поэтому актуальность проблемы повышения качества и надежности сварных соединений не вызывает сомнений.

Основная задача обеспечения качества сварных изделий в настоящее время и в обозримом будущем все более сводится к предупреждению, а не к обнаружению имеющихся дефектов. На производствах с массовым, серийным выпуском однородной продукции проблема обеспечения качества решается достаточно успешно на основе методов математической статистики. Однако сварочное производство отличается крайней неоднородностью и мелкосерийностью продукции, способами и условиями сварки. Поэтому, как показали выполненные нами исследования, проблему обеспечения качества сварочных работ и сварных соединений можно решить только в комплексе взаимосвязей производственных факторов, влияющих на качество сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач: систематизировать сварочное производство по его элементам в статистически однородные базовые совокупности (БС) стыков, разработать универсальные единицы измерения дефектов (качества) по количеству и протяженности, разработать алгоритмы и вероятностные методы определе-

ния и предупреждения причин дефектов сварки, инженерные формулы оценки и расчета технического уровня и уровня качества конкретного сварочного производства или фактора производства в зависимости от инвестиций.

Из полученных результатов исследований вытекает важный вывод, что дефектность каждой конкретной БС стыков можно рассматривать как многопараметровый регулятор управления качеством, а цепочку фактор–причина–дефект (Ф–П–Д) как управляющую по обратной связи. Важное значение при разработке компьютерных систем различного назначения имеют базы данных и знаний (БД и З), включающие нормативно-справочную и другую информацию, необходимую для учета, контроля и анализа состояния производственного процесса на конкретном предприятии.

Результаты исследований стали основой разработки компьютерной системы, позволяющей вести учет, контроль и анализ качества сварочных работ и сварных соединений по объединению, предприятию, производству, факторам производства (подготовка и сборка, исполнители, сварочные материалы, технология, оборудование), конкретным БС стыков за конкретный период времени. В таблице 1 представлен пример получаемой выходной аналитической информации.

Таблица 1 – Статистический анализ причин дефектности сварных соединений

БС стыков		1	2	3	4	5
Способ сварки		РДС	РАДС	АСФ	РДС	РНсВП
Марка стали		14ХГС	09Г2	2Х13	08Х18Н12Б	09Г2
Толщина стали, мм		2,8	2,5	2,8	4,2	2,5
Диаметр D, длина L, мм		D=112	D=89	D=112	D=289	D=89
Сварено стыков, шт		13000	2790	6800	5740	1790
Проверено стыков, шт		13000	2790	6800	5740	1790
Забраковано стыков по причине / удельный вес причины брака в процентах	Всего, шт	610	215	250	360	167
	Сварщик	191/31,3	57/26,5	50/20,0	97/26,9	49/29,3
	Подготовка и сборка	122/20,0	51/23,7	70/28,0	91/25,3	41/24,6
	Материалы	165/27,0	43/20,0	60/24,0	76/21,1	32/19,2
	Технология	53/8,7	14/6,5	30/12,0	23/6,4	11/6,6
	Оборудование	48/7,8	18/8,4	20/8,0	28/7,8	9/5,4
	Прочие	31/5,2	32/14,9	20/8,0	45/12,5	25/15,0
Уровень качества / брак, %		95,3/4,7	92,3/7,7	96,3/3,7	93,7/6,3	90,7/9,3

Из таблицы видно, что доминирующие причины брака сварки и уровень качества по базовым совокупностям разные, например, для БС №1 – сварщик (31,3%) и сварочные материалы (27,0%), для БС №3 – подготовка и сборка под сварку (28,0%) и сварочные материалы (24,0%). Анализ качества сварки по исполнителю позволяет определить оптимальные способы и условия, при которых сварка выполняется им с лучшим качеством, стимулировать рост профессионального мастерства и т.п.

Таким образом, с использованием математического моделирования и компьютерных технологий разработана система, позволяющая создавать историю качества по конкретным базовым совокупностям сварных соединений, исполнителям, определять «слабое звено» в

производстве и принимать обоснованные тактические и стратегические меры по совершенствованию технологических процессов и управлению качеством сварки.

УДК 621.745.669.13

Исследование микропрофиля поверхности при трении с фрикционным материалом на основе бронз

Студентка гр.104612 Литвинко В.Н.
Научный руководитель – Лешок А.В., Хренов О.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Любой узел трения предполагает использование двух сопряженных элементов: диска с металлокерамической накладкой и диска стального с гладкой поверхностью (в литературе можно встретить много названий диска стального с гладкой поверхностью: диск ведущий, диск стальной, диск, который в большинстве случаев имеет название контртело). В качестве фрикционного материала в таких узлах используется металлокерамическая композиция на основе меди, представляющая собой основу на основе бронзы с наполнителями фрикционного и антифрикционного назначения (олово – 9%; свинец – 9%; железо – 4%; графит – 7%; медь – основа). Выбор данного материала характеризуется заданным значением удельного давления ($4 \pm 0,2$ МПа) и скорости скольжения ($10 \pm 1,0$ м/с), превышение которых способствует изменению триботехнических параметров (коэффициент трения, интенсивность износа).

Анализ конструкторской документации автотракторной техники различных производителей показал, что в качестве материала диска стального используется сталь 65Г, значение шероховатости поверхности может находиться в пределах от 0,6 до 2,5 мкм. Постановка задачи. Исследование микропрофиля поверхности, микроструктуры и механических свойств диска стального из стали 65Г работающего в условиях смазки с металлокерамическим фрикционным материалом МК-5.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Современное представление процесса трения двух сопряженных поверхностей обусловлено как зацеплением микровыступов друг о друга, так и взаимодействием тел в точках соприкосновения на молекулярном уровне. Сопротивление относительному сдвигу этих контактных зон и является основным источником трения движения.

Нами исследовались поверхности дисков стальных эксплуатируемых в различных узлах автотракторной техники различных производителей. Отличительной особенностью являлось схожее значение твердости поверхности, наличие слоя смазки, а так же формы маслоотводящих каналов на ответной детали (диске фрикционном). Было установлено, что микропрофиль поверхности трения скольжения достаточно развит, с микровыступами и микровпадинами, имея значение от 1,1 до 2,6 мкм.

Полученные данные показали, что значения шероховатости исследуемых поверхностей отличается не более чем на 30 %. Дальнейшие исследования поверхностей трения показали, что увеличение времени трения сопряженных поверхностей не оказало существенного влияния на значение шероховатости, колебание которого находилось в пределах ± 3 %. Величина шероховатости резко падает на стадии приработки, в то время как на стадии установившегося износа наблюдается ее слабое уменьшение. Профиль поверхности трения сохраняется по всему диаметру диска стального, имея явно выраженные борозды.

Исходная шероховатость поверхности в процессе приработки претерпевает изменения, приобретая установившееся значение, которое зависит от условий эксплуатации, наличия слоя смазочного материала. Зависимость среднеквадратичного значения шероховатости от времени работы пары трения носит линейный характер указывая на установившейся режим. Исследование поверхности диска стального на сканирующем электронном микроскопе

позволило выявить локальные участки переноса фрикционного материала, визуально определить которые невозможно. Содержание меди в продуктах переноса колеблется от 1 до 10 %, олово от 0.2 до 1.0 %. Превышение предельно допустимых нагрузок, температурного режима в зоне трения способствует дальнейшему росту пятна контакта переносимого металлокерамического фрикционного материала.

Используемая в качестве материала диска сталь 65Г относится к классу рессорно-пружинных сталей, а по структурному классу - перлитная. Она отличается повышенным пределом выносливости, упругости, релаксационной стойкости при достаточной пластичности и вязкости. Данные свойства стали достигаются повышенным содержанием углерода, введением основных легирующих элементов (кремния, марганца), а так же термообработкой структуры на мартенсит отпуска (твердость HRC 38-48). Оптимальное сочетание прочности и вязкости обеспечивается только в том случае, если твердость стали непосредственно после закалки будет не ниже минимально допустимых значений (25 HRC), а это возможно при наличии в ее структуре после закалки не менее 90 % мартенсита. При наличии в структуре 50 % мартенсита и 50 % троостита закалки (ферритной составляющей) снижается предел выносливости примерно на 20 % и значительно снижается ударная вязкость, особенно при пониженных температурах. Следует отметить, что мартенсит превосходит промежуточные структуры по сопротивляемости изнашиванию. Формирование такой структуры в процессе отпуска способствует снижению внутренних напряжений, что благоприятно сказывается при работе в условиях динамических знакопеременных нагрузок.

Исследование микроструктуры стали 65Г различного значения твердости показали, при твердости 25-30 HRC она представляет собой сорбит, тогда как при твердости 35-40 HRC - тростомартенсит. Таким образом, можно отметить, что наличие износостойкой составляющей в микроструктуре термообработанной стали 65Г наблюдается при твердости выше 35 HRC. Было проведено исследование влияния твердости стали 65Г в интервале значений наиболее используемых для диска стального. Определено, что зависимость носит линейный характер, термообработка (закалка, отпуск) с твердости 20 до 40 HRC приводит к увеличению предела прочности в 2 раза.

УДК 534.2

Динамический отжиг сварочных швов

Студент гр. 1048111 Каблаш К.В.
Научный руководитель – Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сварка является важнейшей и неотъемлемой частью, любого строительства. Причем работы связанные со сваркой являются наиболее ответственными, так как от них зависит крепость конструкций в целом или несущая способность отдельных узлов и деталей. Дефектами сварных швов называются различные отклонения от требований чертежа и технических условий, ухудшающие качество сварного соединения: его механические свойства, сплошности, герметичность и пр. могут быть внешними и внутренними.

Очень часто при сварке стальных деталей встречаются дефекты, возникающие, при перегреве и подкалке сварного шва, что значительно повышает твердость в сварной зоне. Это приводит к охрупчиванию.

Появлению трещин способствуют такие дефекты, как поры, непровары, включения шлака и т. п. Трещины появляются также при кристаллизации металла в процессе сварки. Возможность образования трещин тем больше, чем хуже сваривается данный металл. Участки швов с трещинами полностью вырубает или удаляют поверхностной кислородной (или

воздушно-дуговой) резкой и заваривают вновь. Стыки трубопроводов, имеющие трещины длиной более 100 мм, полностью вырезают, и трубы заново сваривают.

Как вариант исправления дефекта можно использовать прогрев упрочненной (наклепанной) зоны, например, газовой струей. Процесс прогрева требует времени в десятки минут. В качестве нового варианта снятия напряжений в зоне сварного шва можно использовать операцию динамического отжига. В этом варианте зона сварного шва в широком диапазоне размеров продувается потоками порошковых частиц. Для этого используются порошковые частицы с размерами 1-200 мкм, метаемые со скоростью ~ 1000 м/с. Качественной особенностью этого эффекта является то, что твердость от поверхности до глубины ≈ 20 мм снижается на 10-15 HRC. Прошивка сварного шва производилась сгустком частиц вольфрама. Фотографии образца до и после прошивки шва показано на рисунке 1.

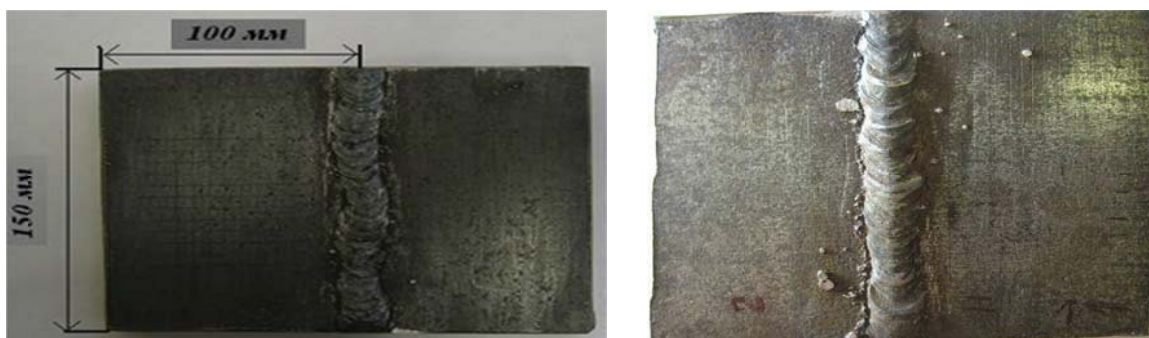


Рисунок 1 – Фотографии образцов:

- а – до обработки потоком высокоскоростных частиц вольфрама;
- б – после обработки потоком высокоскоростных частиц вольфрама

Для оптимизации схемы эксперимента было проведено исследование распределения твердости по поверхности образца при обработке только ударной волной и при обработке потоком частиц вольфрама.

УДК 621.745.669.13

Механоактивируемый, самораспространяющийся, высокотемпературный синтез ультрадисперсных порошков ферромагнетиков-шпинелей

Студентка гр.104611 Демьянчик Г.А.
Научные руководители – Лецко А.И., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы являлось исследование возможностей получения ультра – и нанодисперсных магнитомягких порошков ферромагнетиков – шпинелей CoFe_2O_4 и NiFe_2O_4 , методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

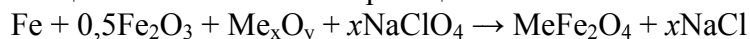
Метод СВС является одним из перспективных методов получения порошковых материалов. Условия данного метода влияют не только на химический и фазовый состав образующихся соединений, но и на морфологию и размер частиц.

Интенсивно исследуемый метод механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС) позволяет целенаправленно влиять на структурное состояние реакционной шихты и параметры СВС, регулируя механизм фазо- и структурообразования материалов в процессе синтеза.

Для исследования были выбраны композиции CoFe_2O_4 и NiFe_2O_4 . Порошки получали методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС). Механоактивацию реакционной смеси проводили в атриторе А – 4,5.

Магнитомягкие порошки со шпинельной структурой типа MeFe_2O_4 (Me=Co, Ni) получали из реакционной смеси с использованием внутреннего окислителя NaClO_4 , что позволило осуществить синтез на воздухе без использования реакторов и специальных атмосфер.

Общая химическая схема реакции:



Оксиды металла выполняли функцию разбавителя, чтобы реакция не была слишком экзотермичной. Для обеспечения достаточной скорости горения и предотвращения процессов спекания, рекристаллизации и роста зерен, синтез оксидов шпинельного типа методом СВС осуществляют при соотношении $\text{Fe}:\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 - 4$ моль.

Для получения ультрадисперсных порошков магнетита использовали предварительную механоактивацию порошковой смеси оксида железа с железом в среде спирта, что позволило увеличить интенсивность взаимного измельчения компонентов.

Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что при всех исследованных режимах механоактивации формируется однофазный продукт (рисунок 1).

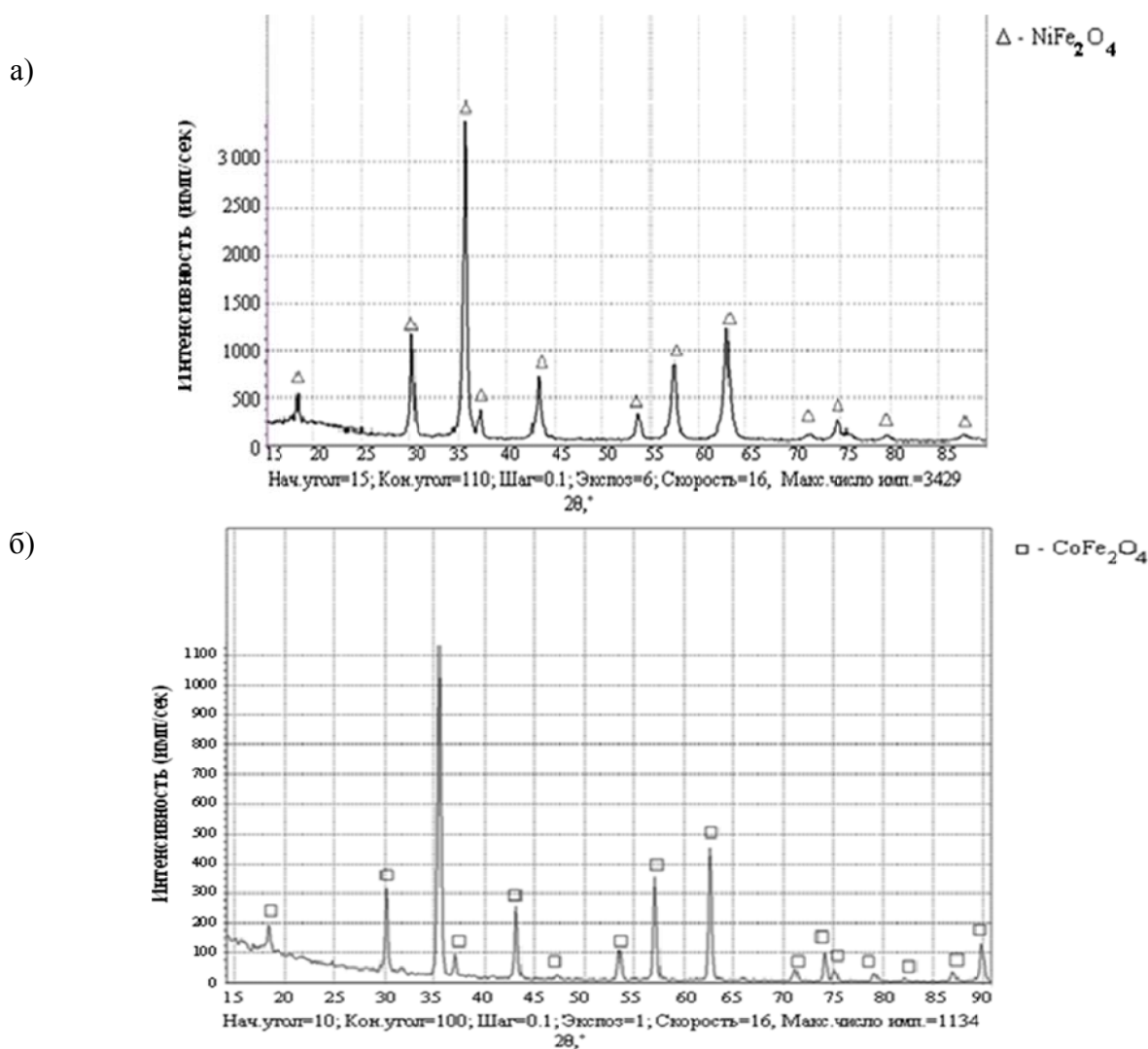


Рисунок 1 - Дифрактограммы порошков, полученных методом СВС с использованием предварительной механоактивации реакционной смеси (4 часа) в среде спирта:

а – NiFe_2O_4 ; б – CoFe_2O_4

Синтезированные с использованием механоактивации порошки имеют сложную многоуровневую структуру (рисунок 2). Первичные наноразмерные ($\approx 20\text{--}150$ нм) частицы объединяются (спекаются) в более крупные агломераты размером от 0,5 до 2—3 мкм. Эти агломераты, в свою очередь, объединяются в более крупные вторичные агрегаты и агломераты. С увеличением продолжительности механоактивации размер частиц непрерывно уменьшается и выходит на насыщение после 6 часов, достигая 200 – 500 нм.

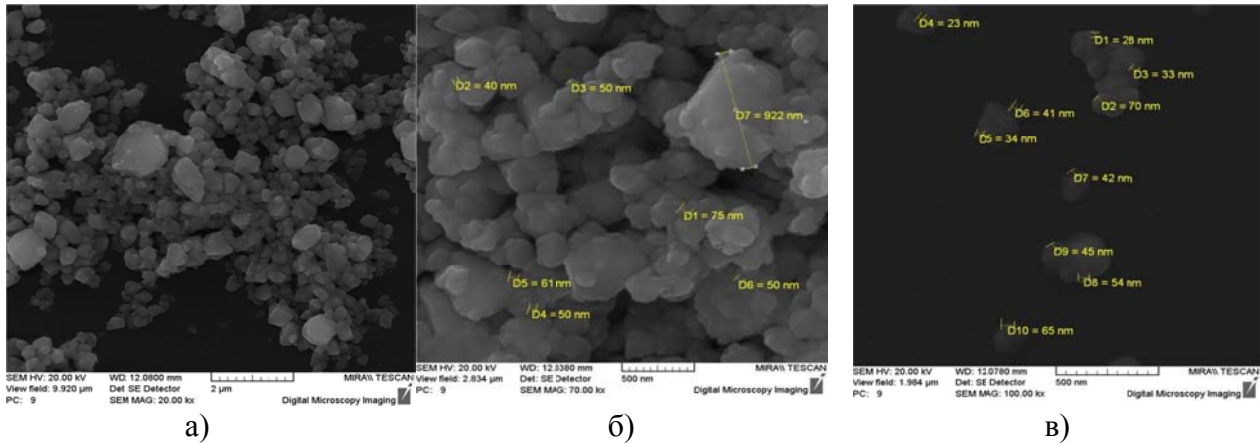


Рисунок 2 – Морфология поверхности и размер частиц порошка MeFe₂O₄ (Me=Co, Ni), полученного методом СВС с использованием предварительной механоактивации реакционной смеси в среде спирта:
а – МА 1 час; б – МА 3 часа; в – МА 6 часов, после УЗ-диспергирования тонкой фракции

Таким образом, методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза получены магнитомягкие ультра- и нанодисперсные порошки ферромагнетиков – шпинелей NiFe₂O₄ и CoFe₂O₄. Установлено, что для получения ультрадисперсных монофазных порошков ферромагнетиков – шпинелей эффективной является механоактивация в среде спирта. С увеличением продолжительности механоактивации размер частиц синтезированных порошков непрерывно уменьшается и выходит на насыщение после 6 часов, достигая 200 – 500 нм.

**Охрана труда
и
промышленная
безопасность**

Безопасность при эксплуатации оборудования и трубопроводов энергетических установок атомной станции

Студенты гр. 106811 Хроян В.В., Пархомчик Е.М.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Оборудование и трубопроводы подразделяются на группы А, В и С в зависимости от степени влияния системы на безопасность, основной частью которой они являются, на безопасность атомных энергетических установок (АЭУ) и входят в классы безопасности 1 2 и 3.

Конструкции оборудования и трубопроводов должны обеспечивать работоспособность, надежность и безопасность их эксплуатации в течение срока службы. Конструкция и компоновка оборудования и трубопроводов должны обеспечивать возможность проведения их осмотра, ремонта, гидравлических (пневматических) испытаний, контроля основного металла и сварных соединений неразрушающими методами после изготовления (монтажа) и в процессе эксплуатации, а также замены оборудования и трубопроводов со сроком службы менее установленного для эксплуатации АЭУ в целом. При проектировании (конструировании) следует предусматривать применение материалов, обеспечивающих работоспособность конструкции в рабочих средах.

Одним из методов контроля оборудования является гидравлические (пневматическое) испытание, которое проводят с целью проверки прочности и плотности оборудования, трубопроводов, их деталей и сборочных единиц, нагружаемых давлением. Оборудование и трубопроводы считаются выдержавшими гидравлические (пневматические) испытания, если в процессе испытаний и при осмотре не обнаружено течей и разрывов металла, в процессе выдержки падение давления не выходило за пределы, а после испытаний не выявлено видимых остаточных деформаций.

Предохранительные устройства должны устанавливаться на оборудовании или трубопроводах, давление в которых может превысить рабочее как за счет происходящих в них физических и химических процессов, так и за счет внешних источников повышения давления, рассчитанных с учетом условий. Оборудование первого контура и страховочный корпус должны быть рассчитаны на нагрузки, возникающие при разгерметизации корпуса реактора и истечении теплоносителя в страховочный корпус. Все отсекаемые с двух сторон участки оборудования и трубопроводов с однофазной средой (вода, жидкий металл), которые могут прогреваться любым образом, должны быть оснащены предохранительными устройствами.

Проверка функциональной способности (исправности) действия предохранительной арматуры, в том числе схем управления, с выбросом рабочей среды должна проводиться перед первым пуском оборудования на рабочие параметры и последующими плановыми пусками, но не реже одного раза в 12 месяцев. Если в результате проверки выявляются дефекты или отказы срабатывания арматуры или схемы управления, необходимо выполнить ремонт и провести повторную проверку.

Проверку настройки предохранительной арматуры следует проводить после монтажа, после влияющего на настройку ремонта арматуры или схемы управления, но не реже одного раза в 12 месяцев, путем подъема давления на оборудовании, с помощью приспособлений, входящих в комплект поставки этой арматуры, или испытанием на стационарном стенде.

Контроль за состоянием металла в процессе эксплуатации осуществляется неразрушающими и разрушающими методами.

При неудовлетворительных результатах контроля отчетные документы о проведенном контроле и предлагаемые решения направляются в министерство (ведомство), которому принадлежит предприятие-владелец оборудования и трубопроводов, и Госатомнадзор, кото-

рые с привлечением конструкторской (проектной) организации, предприятия-изготовителя (монтажной организации) и (при необходимости) головной материаловедческой организации принимают решение по результатам контроля.

При определении границ регистрации оборудования и трубопроводов необходимо руководствоваться следующими требованиями: границами регистрации сосуда являются входные (выходные) патрубки и штуцера, допускается регистрировать отдельно узлы реактора и т.п. при наличии паспортов на эти изделия, арматура регистрируется вместе с трубопроводом либо с оборудованием которому она принадлежит, участки трубопроводов низкого давления после БРУ, РОУ и т. д. совместно с предохранительными устройствами регистрируются совместно с трубопроводами высокого давления.

Для регистрации в местных органах Госатомнадзора оборудования должны быть представлены письменное заявление, паспорт на оборудование, исполнительная схема, арматура, предохранительные приборы и КИП, а также акт, удостоверяющий, что монтаж и установка оборудования проведены в соответствии с проектом, требованиями настоящих правил.

При положительных результатах рассмотрения оборудование регистрируются местным органом Госатомнадзора в установленном порядке, в случае выявления в представленных для регистрации документах отступлений от правил или проектной документации, либо незавершенности работ следует отказ от регистрации. Техническому освидетельствованию подлежат следующее оборудование и трубопроводы, элементы реакторов (корпус, крышки, чехлы, технологические каналы и др.), сосуды, корпуса насосов, элементы арматуры (корпус, крышка), трубопроводы, страховочные корпуса реакторов. Цель технического освидетельствования — установить, что оборудование и трубопроводы изготовлены, смонтированы в соответствии с проектом, правилами и представленными отчетными документами, а также что они находятся в исправном состоянии и возможно их использование. При осмотрах особое внимание следует обращать на выявление дефектов на внутренней и внешней поверхностях основного металла, сварных соединений, на поверхностях антикоррозионных.

По результатам технического освидетельствования комиссия составляет акты, в которых делаются выводы о возможности проведения последующих операций технического освидетельствования и эксплуатации с указанием допустимых параметров.

Дирекция АЭУ на основании действующих правил, требований проектной и конструкторской документации, утвержденного технологического регламента до регистрации оборудования и трубопроводов в органах Госатомнадзора должна обеспечить разработку инструкций по их эксплуатации.

Инструкции по эксплуатации оборудования и систем должны содержать порядок подготовки к пуску, порядок пуска, остановки и обслуживания во время нормальной эксплуатации, случаи, когда оборудование и трубопроводы должны быть отключены немедленно, в частности при обнаружении трещин или свищей при увеличении давления, температуры или активности, при появлении шумов, вибраций, и т.п.

Эксплуатационные инструкции выдаются на рабочие места согласно перечню технической документации. Перечень технической документации по каждому рабочему месту утверждается главным инженером (директором) АЭУ. Эксплуатационные инструкции должны пересматриваться не реже одного раза в три года.

Запрещается проведение разного рода исследований и экспериментов на действующем оборудовании и трубопроводах без предварительного согласования.

На АЭУ начиная с этапов пусконаладочных работ должен вестись учет количества циклов работы оборудования, флюенса нейтронов, времени работы на мощности и других параметров, определяющих его ресурсный срок эксплуатации в соответствии с расчетами на прочность и техническими условиями.

Безопасность обслуживания электрооборудования

Студенты гр. 106311 Богданович Л.А., Сикроский Н.Ю.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Эксплуатацию электроустановок должен осуществлять специально подготовленный электротехнический персонал.

Право единоличного осмотра электроустановок административно-техническому персоналу предоставляется приказом или распоряжением руководителя организации либо распоряжением лица, ответственного за электрохозяйство.

Операции с разъединителями, отделителями, выключателями нагрузки напряжением выше 1000 В с ручными приводами необходимо выполнять в электроизолирующих перчатках и ботах.

При снятии и установке предохранителей под напряжением необходимо пользоваться:

- в электроустановках напряжением выше 1000 В – электроизолирующими клещами (штангами), перчатками, средствами индивидуальной защиты лица и глаз, а также специальными приспособлениями к штангам при замене предохранителей с земли;
- в электроустановках напряжением до 1000 В – электроизолирующими клещами или перчатками и средствами индивидуальной защиты лица и глаз.

Под напряжением без нагрузки допускается снимать и устанавливать предохранители на мачтовых и столбовых подстанциях, а также на присоединениях, в схеме которых отсутствуют коммутационные аппараты, позволяющие снять напряжением.

Под нагрузкой допускается заменять предохранители во вторичных цепях, предохранители трансформаторов напряжения и предохранители пробочного типа в электроустановках напряжением до 1000 В.

Работы в действующих электроустановках могут выполняться по наряду, распоряжению и перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации, составляется лицом, ответственным за электрохозяйство организации, и утверждается главным инженером (руководителем) организации. Виды работ, внесенные в указанный перечень, являются постоянно разрешенными работами, на которые не требуется оформления каких-либо дополнительных распоряжений.

Электрооборудование, его монтаж и эксплуатация должны отвечать техническим нормативным правовым актам Беларуси.

Применяемые электрические машины, аппараты, приборы и другое электрооборудование, а также напряжение электрических сетей должны соответствовать классификации цехов по взрывопожарной и пожарной безопасности. Это положение особенно актуально при производстве замены вышедшего из строя электрооборудования.

Электрическая аппаратура и токоведущие части должны быть надежно изолированы и укрыты в корпусе станка или в шкафу и защищены от случайного прикосновения обслуживающего персонала. Для отключения оборудования от сети в электрических схемах управления должен устанавливаться вводной отключающий аппарат (вводной выключатель), расположенный в удобном и безопасном месте. Вводной отключающий аппарат не должен использоваться в качестве пускового устройства. В автоматических линиях с гибкими транспортными связями при отсутствии общего вводного выключателя каждый станок должен иметь индивидуальный вводной выключатель.

Вводной отключающий аппарат должен иметь указатель включенного и выключенного положений. Для станков, общая мощность установленного электрооборудования которых

не превышает 0,75 кВт, в качестве вводного выключателя допускается использовать штепсельный разъем.

Штепсельные соединения (розетки, вилки) ручного электрифицированного инструмента и переносных светильников, применяемые на напряжение 12-42 В, для исключения ошибочных включений по своему конструктивному выполнению и окраске должны отличаться от штепсельных соединений, предназначенных для более высоких напряжений, и иметь заземляющий контакт.

Шкафы станций управления должны быть выполнены из несгораемых материалов и расположены в безопасных и удобных для монтажа и обслуживания местах.

Шкафы станций управления должны устанавливаться таким образом, чтобы проход между шкафом с открытыми дверцами и оборудованием (его движущимися частями в их крайних положениях) или строительными конструкциями был не менее 600 мм.

Двери шкафов станций управления должны запираются с помощью специального ключа или быть заблокированы с вводным выключателем. Не допускается открывание дверей при включенном оборудовании и включение оборудования при открытых дверях.

На дверях шкафов с электроаппаратурой напряжением свыше 42 В, а также на кожухах, закрывающих электроаппаратуру, должны быть нанесены предупреждающие знаки электрического напряжения и стандартов пожарной безопасности.

Электрооборудование должно быть защищено от воздействия масел, СОЖ, стружки, пыли и от механических воздействий.

Электрические провода вне станций должны прокладываться в трубах, коробах, рукавах, устойчивых к механическим, термическим и химическим воздействиям.

Электрооборудование должно быть защищено от самопроизвольного включения при вводе при восстановлении прерванной подачи электроэнергии.

Пульты управления оборудованием должны иметь световую сигнализацию о подаче напряжения в цепь электропривода. Если на КШМ предусмотрена световая сигнализация режима работы, то она должна быть в исправном состоянии. В противном случае включать электропривод механизма запрещается. Вскрывать, производить осмотр, ремонт, наладку электрического оборудования, приборов и проводов разрешается только электротехническому персоналу.

УДК 621.791:658.345

Вентиляция в сварочном производстве

Студент гр. 104811 Лимановский А.М.

Научный руководитель – Динилко Б.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В сварочном производстве применяются технологические процессы сварки плавлением, сварки давлением, наплавки, пайки, термической резки, которые являются источниками опасных и вредных производственных факторов, способных оказывать неблагоприятные воздействия на работников.

Для таких процессов как ручная дуговая сварка и наплавка, механизированная электро-сварка в защитных газах (в углекислом газе и в смеси аргона и углекислого газа), аргонодуговая сварка, плазменная сварка и резка характерны следующие факторы:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны в результате образования сварочного аэрозоля, содержащего твердые и газообразные вредные вещества - оксиды марганца, оксиды железа, оксиды кремния, оксиды хрома, оксиды никеля, оксиды титана, оксиды алюминия, фтористый водород, оксид углерода, диоксид азота и др.

Для газовой сварки и резки характерна сварочная аэрозоль, состоящая из оксидов железа, оксидов кремния, оксида углерода, оксида азота.

При пайке в воздух выделяются свинец, формальдегид, борный ангидрид, канифоль, оксид углерода и др.

Состав и содержание вредных веществ в сварочном аэрозоле зависят от вида сварки и резки, сварочных и свариваемых материалов, режимов сварки и резки. Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны должна соответствовать требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов и не превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), что обеспечивается системами вентиляции.

Наилучшим вариантом для сварочных цехов и участков является сочетание общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляции и местной вытяжной вентиляции. При этом, как показала практика, эффективность местной вентиляции может достигать 75 %.

При электродуговой и газовой сварке, наплавке, резке, контактной сварке (точечной, шовной, рельефной, стыковой сопротивлением) цветных металлов, специальных сталей и черных металлов с покрытием стационарные посты для улавливания сварочного аэрозоля у мест его образования оборудуются местными отсосами. Нестационарные сварочные посты следует оборудовать передвижными аспирационными установками.

При сварке и наплавке крупногабаритных изделий местные отсосы встраиваются в кондукторы, манипуляторы и другие сварочные приспособления, а при резке – в секционные раскроечные столы.

При ручной электросварке крупногабаритных изделий применяются местные отсосы в виде поворотно-подъемных наклонных панелей одностороннего или двустороннего всасывания, низ данных панелей должен быть расположен над местом сварки (не выше 0,3 м), а также рекомендуется применение поворотно-подъемных отсосов с гибкими воздуховодами.

При сварке и наплавке мелких и средних изделий в зависимости от условий работы и типа аппаратуры конструкции местных отсосов выполняются в виде вытяжного шкафа, вертикальной или наклонной панели равномерного всасывания, панельного наклонно-щелевого отсоса, стола с нижним подрешеточным и подвижным укрытием.

Стационарные посты с установками автоматической сварки под флюсом должны быть оборудованы удлиненными (не менее 0,3 м) местными отсосами с равномерным всасыванием воздуха.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна быть:

- при ручной сварке и сварке в углекислом газе – не менее 0,5 м/с;
- при сварке в инертных газах – не более 0,3 м/с;
- при резке титановых сплавов и низколегированных сталей:
 - а) газовой – не менее 1,0 м/с;
 - б) плазменной – не менее 1,4 м/с;
- при плазменной резке алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей – не менее 1,8 м/с;
- при плазменном напылении – не менее 1,3 м/с;
- при заточке вольфрамовых электродов – не менее 1,5 м/с.

Сварочные машины для контактной сварки рекомендуется оборудовать откидывающимися прозрачными щитками, предохраняющими работников от искр и брызг расплавленного металла и позволяющими наблюдать за процессом сварки.

При контактной сварке черных металлов с чистой поверхностью (за исключением стыковой сварки оплавлением) допускается производить работу только при общеобменной вентиляции при условии обеспечения концентрации вредных веществ ниже ПДК.

Машины стыковой сварки оплавлением следует оборудовать вытяжными укрытиями.

Организация и проведение работ со свинцом и его неорганическими соединениями осуществляются в соответствии с требованиями. Для обеспечения удаления вредных ве-

ществ от мест их образования при выполнении процессов пайки рабочие места оборудуются местными вытяжными устройствами.

Конструкция местных отсосов и зоны расположения всасывающей части воздухоприемников на постоянных рабочих местах выбираются в зависимости от габаритных размеров изделий, подвергающихся процессу пайки, а именно:

- при пайке плат и изделий высотой до 50 мм должны применяться местные отсосы в виде боковых щелей (щелевых отсосов), которые размещаются у поверхности стола;
- при высоте изделий до 300 мм местные отсосы необходимо располагать сзади и выше изделия на 50 – 100 мм;
- при высоте изделий более 300 мм используются поворотные местные отсосы с установкой над местом пайки;
- при пайке изделий переменной высоты предусматриваются поворотно-подъемные отсосы либо отсосы с гибкими воздуховодами.

При пайке крупногабаритных изделий или при выполнении пайки в ограниченном пространстве, а также на непостоянных рабочих местах следует применять местные отсосы с гибкими воздуховодами.

Скорость отсасываемого воздуха местными вытяжными устройствами непосредственно в зоне пайки должна быть не менее 0,6 м/с.

УДК 671: 331.45

**Безопасность труда при ремонте и изготовлении ювелирных изделий
(при выполнении плавки драгоценных металлов, работе в электропечах
и при обслуживании газового горна)**

Студент гр. 113911 Андрасович А.О.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

К работе по ремонту и изготовлению ювелирных изделий допускаются лица, прошедшие предварительный медицинский осмотр и обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, инструктаж на рабочем месте и допуск к самостоятельной работе. К опасным и вредным производственным факторам можно отнести: подвижные части производственного оборудования; повышенная температура поверхностей обрабатываемых материалов; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Средства индивидуальной защиты включают защитные очки и хлопчатобумажный халат.

Ювелир обязан: строго выполнять требования техники безопасности и внутреннего трудового распорядка; выполнять работы в точном соответствии с полученным заданием; работы проводить с использованием средств индивидуальной защиты, бережно относиться к ним, не допуская их порчи и утери; содержать в чистоте и порядке рабочее место; при возникновении аварийной ситуации немедленно прекратить работу и заявить об этом администрации; оказать первую помощь пострадавшему при несчастном случае.

К выполнению задания, не связанного с основной работой, ювелир должен приступить только после получения инструктажа по безопасности труда. При получении травмы необходимо немедленно сообщить мастеру и инженеру по технике безопасности. Лица, виновные в нарушении требований описанных мер безопасности, несут ответственность.

Перед началом работы необходимо: надеть средства индивидуальной защиты; манжеты рукавов тщательно завязать или застегнуть; убрать волосы под головной убор; осмотреть рабочее место, убрать предметы, мешающие работе; проверить наличие на рабочем месте необходимых деталей и материалов; проверить исправность: предохранительных и защит-

ных устройств, заземлений, приспособлений, рабочего и вспомогательного инструмента, верстака;

Корпуса приборов, оборудования должны быть надежно заземлены, разложить инструмент и детали в порядке, удобном для пользования, отрегулировать освещение рабочего места, так чтобы рабочая зона хорошо освещалась, на освещенной поверхности не было бликов.

К требованиям безопасности во время работы можно отнести: слежение за исправностью инструмента (например: молотки, напильники, шаберы должны быть надежно насажены на деревянные ручки; кусачки, бокорезы, лобзиковые пилы, не должны иметь заусенцев и выбоин и др.), верстак должен быть такой высоты, чтобы ювелир занимал естественное положение при работе, при пайке ювелирных изделий на установке бензопайки проводится проверка заземления установки, также при эксплуатации установки не снимается ограждение и во время перерыва отключается от электросети.

Ювелиру запрещается применять при работе этилированный бензин; проводить заправку баллона бензином во время работы установки; работать в помещении, если там находятся взрывчатые вещества или легковоспламеняющиеся жидкости; работать при утечке горючего из трубопроводов; работать при неисправной горелке.

При плавке драгоценных металлов необходимо: не допускать вблизи рабочего места хранения легковоспламеняющихся веществ (бензина, керосина) и проведения промывания изделий; перед загрузкой металла тигель следует тщательно осмотреть, при обнаружении дефектов (трещин, сколов и т.д.) его необходимо заменить; запрещается плавить драгоценные металлы в тиглях, в которых до этого плавилась неблагородные металлы; перед загрузкой металла в тигель последний прогревается до температуры порядка 1000 °С.

Прежде чем приступить к заливке, вычистить и высушить формы, в которые заливается металл. Разлив металла осуществлять специальными приспособлениями.

При работе с расплавленными веществами необходимо соблюдать следующие правила: следить, чтобы в расплавленные вещества не попали вода или влажные предметы, что приводит к выбросу расплавленного вещества; для предотвращения попадания капель расплавленного вещества под одежду брюки носить на выпуск, чтобы прикрывались голенища сапог, рукавицы заправить в рукава куртки; разлив металла в изложницы производить тонкой струйкой с небольшой высоты, без образования брызг.

При работе в электропечах осмотреть в них спирали, электропроводку, пусковые устройства, убедиться в исправности тигелей, футеровки печи воздухопроводов, вентиляей.

Если открывать дверцы печи, то следует остерегаться ожога горячими газами, а во время работы держать дверцы закрытыми, открывать их только для загрузки, разлива металла и снятия шлака.

При обслуживании газового горна получается специальный инструктаж по технике безопасности, строго выполняется правила эксплуатации газового горна и соблюдаются следующие правила: во избежание взрыва не проверять наличие газа в атмосфере (печи) огнем, не курить при розжиге горна; при розжиге горна сначала поднести факел к устью горелки, а затем медленно подать газ, после воспламенения газа также медленно подать воздух; при остановке горна сначала перекрыть подачу газа к горелке, а затем подачу воздуха; при розжиге открытого горна сначала опустить щиты (откидные) зонта, когда уголь разгорится, поднять щиты зонта и надежно укрепить их в нерабочем положении.

Обязательно пол на рабочем месте должен быть сухим (не скользким). Для придания изделию товарного вида и для сбора отходов драгоценных металлов изделие должно быть хорошо промыто в мыльно-аммиачной эмульсии. При мойке изделий и заготовок на ультразвуковых установках запрещается: работать при неисправном дистанционном управлении; оставлять работающую моечную машину без присмотра; открывать и закрывать крышку моечной машины до полной остановки последней; допускать к работе на моечной машине лиц, не имеющих отношения к моечным операциям.

К требованиям безопасности по окончании работы относятся: отключение оборудования, приборов и приспособление от электросети; очистка оборудования, инструмента и приспособления; ежемесячное обслуживание установок для пайки и плавки ювелирных изделий; собирание без потерь отходов драгоценных металлов; сдача в кладовую неиспользованных химикатов и кислот; отключение вентиляционной системы, электронагревательных приборов; снятие средств индивидуальной защиты и убрать их в шкаф. После окончания всей работы необходимо тщательно вымыть руки с мылом.

УДК 671:331.45

Безопасность труда на операции вальцовки металла

Студент гр. 113911 Чирвоная Е.А.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

К работе по вальцовке металла допускаются лица достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный и первичный инструктаж по мерам и правилам безопасности, обучение и стажировку на оборудовании, получившие допуск к самостоятельной работе. Ювелир должен работать в спецодежде и в случае необходимости использовать другие средства индивидуальной защиты.

К опасным производственным факторам относятся:

- движущиеся механизмы;
- подвижные части оборудования;
- передвигающиеся материалы;
- острые кромки обрабатываемых материалов;
- возможность поражения электрическим током.

Последовательность действий ювелира перед началом работы:

- подготовить и одеть свою спецодежду, застегнуть обшлага рукавов, надеть головной убор;
 - подготовить к работе рабочее место, а именно: убрать все лишние предметы, проверить состояние пола, удобно разместить заготовки, подготовить настроить и удобно расположить измерительные инструменты;
 - внешним осмотром проверить надежность подключения заземления, электропроводки, состояние органов управления вальцами;
 - проверить состояние и надежность крепления ограждений всех движущихся частей передаточного механизма прокатных вальцев;
 - проверить качество освещения своего рабочего места лампой местного освещения;
 - проверить наличие смазки для трущихся и вращающихся частей;
 - проверить состояние рабочих поверхностей вальцов;
 - отрегулировать и закрепить упоры, необходимые для предстоящей работы;
 - включить агрегат, сделать несколько холостых ходов и убедиться в исправной работе агрегата.
- Во время работы необходимо соблюдать требования техники безопасности, а также:
- строго соблюдать инструкцию по эксплуатации агрегата;
 - выполнять только ту работу, которая поручена администрацией;
 - обжатие материала производить не выше установленных размеров, указанных в технологической карте;
 - следить за состоянием рабочей поверхности вальцов, вальцы с трещинами и выкрашенной рабочей поверхностью необходимо заменять;
 - не провожать руками заготовку во избежании травмы рук;

- при работе на вальцах равномерно использовать всю их ширину;
- при прокате заготовок малых размеров использовать приспособление для подачи заготовок;
- периодически очищать вальцы от грязи и пыли щеткой или ветошью;
- при работе с напарником необходимо согласовывать с ним все действия и предупреждать о пуске вальцов;
- при прекращении подачи эл. энергии немедленно отключить пусковое приспособление, а прокатные вальцы вывести из рабочего положения;
- не допускать к работе на вальцах никого из посторонних лиц;
- немедленно нажимать кнопку «СТОП» при любой замеченной во время работы неисправности.

По окончании работы необходимо:

- выключить электродвигатель;
- выключить вводный автоматический выключатель, запереть его на ключ и вынуть ключ из замка;
- привести в порядок рабочее место, провести профилактическое обслуживание вальцов;
- сообщить мастеру о всех замеченных недостатках в работе агрегата;
- убрать спецодежду, тщательно вымыть руки с мылом.

УДК 331.47

Влияние основных вредных химических веществ на здоровье работающих

Студент гр. 112022-11 Рунец В.А.

Научный руководитель – Батыновская И.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Воздушная среда, в которой осуществляется производственная деятельность человека, характеризуется химическим составом, физическими параметрами и другими показателями, оказывающими существенное влияние на здоровье работающих, их психофизиологическое состояние и работоспособность.

В процессе производства в воздух рабочей зоны могут попадать вредные вещества различного происхождения (газы, пары, аэрозоли), которые способны вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работающих. Загрязнение воздушной среды и изменение его газового состава и физических параметров может происходить: при механической обработке материалов (сверление, шлифование, пескоструйная обработка поверхностей, дробление, размол, транспортировка измельченного материала и др.); газовой и плазменной резке металлов, электросварке, лужении и пайке; обезжиривании поверхностей в органических растворителях; нанесении защитных покрытий с использованием лаков, красок, эпоксицидных смол; металлизации и травлении различных элементов в растворах кислот, щелочей и солей, и многих других техпроцессах и операциях.

Основной состав загрязнителей воздуха на многих производственных участках включает в себя оксиды углерода, серы, азота (CO , CO_2 , SO_2 , NO_x).

Оксид углерода (оксид углерода, угарный газ) – CO – газ без цвета и запаха. Может образовываться при неполном сгорании материалов, содержащих углерод. Оксид углерода (CO) воздействует главным образом на нервную и сердечно-сосудистую системы, соединяясь с гемоглобином крови, лишает его способности переносить кислород к тканям и вызывает удушье. Для предупреждения загрязнения воздушной среды рабочих помещений окисью углерода необходима герметизация оборудования, коммуникаций. Следует систематически проводить контроль за воздушной средой. Необходимо также обеспечить эффективность общеобменной и местной вытяжной вентиляции.

Сернистый газ SO_2 – бесцветный газ с резким удушающим запахом. Применяется при получении сульфита натрия в рефрижераторах, при отбеливании волокон и тканей, консервировании и дезинфекции фруктов, при производстве сложных минеральных удобрений. Сернистый газ поступает в организм через дыхательные пути: около 40% задерживается в них, примерно 60% - в организме в целом. К его действию возможно привыкание. Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхние дыхательные пути, в больших концентрациях поражает легкие. Возможны хронические и острые отравления. При хронической интоксикации развиваются риниты, часто обостряющиеся бронхиты, конъюнктивиты, разрушаются зубы. Основные меры профилактики – герметизация производственных процессов, а также эффективно действующая вентиляция.

Окислы азота – смесь окиси азота NO , двуокиси азота NO_2 и азотистого ангидрида N_2O_3 . Цвет смеси – от светло – желтого до темно – бурого. Окислы азота могут воздействовать на работающих в производстве азотной кислоты, минеральных азотистых удобрений, во время взрывных работ, электросварке, работе в рентгенкабинетах. В организм окислы азота попадают через дыхательные пути. Интоксикация проявляется после небольшого скрытого периода. При высоких концентрациях окислов развивается острое отравление, которое имеет различные формы в зависимости от того, какие из них содержатся в смеси. При преобладании двуокиси азота (NO_2) может развиваться отек легких, часто заканчивающийся смертью; окись азота (NO) вызывает удушье.

При больших концентрациях смеси этих окислов в воздухе рабочей зоны наблюдается интоксикация с удушьем, судорогами, остановкой дыхания, что может привести к летальному исходу. При длительном воздействии небольших концентраций возникает хроническое отравление – ринит, фарингит, ларингит, бронхит, обострение хронических легочных заболеваний.

Профилактика отравлений заключается в ограничении времени контакта с газами, соблюдении ПДК в воздухе рабочей зоны, эффективной вентиляции, применении в отдельных случаях средств индивидуальной защиты органов дыхания, проведении лечебно-профилактических мероприятий.

Интоксикация свинцом и его соединениям может встречаться при его добыче, выплавке из руд, в производстве красок, в полиграфическом и кабельном производствах, пайке, газорезке металлических частей, окрашенных свинцовыми красками. Свинец – яд широкого спектра действия. Вызывает изменения в нервной, сердечно – сосудистой системах, крови. Для хронической интоксикации характерны свинцовая кайма – темно – серая полоска по краю десен, «свинцовая» кожа – землисто – серый цвет лица.

При работах, связанных с контактом со свинцом, большое внимание обращается на профилактические мероприятия. К таким работам не допускаются женщины и несовершеннолетние дети. На предприятиях предусматривается герметизация аппаратуры, механизация, устранение ручных операций, общая и местная вентиляция. Используются средства индивидуальной защиты. Особое внимание уделяется правилам личной гигиены, санации полости рта. Важное значение имеют предварительные и периодические медицинские осмотры. К работе со свинцом не допускают лиц с болезнями крови, гипертонической болезнью. Работающих в контакте со свинцом направляют в профилактории на санаторно-курортное лечение.

Ртуть применяется при производстве лекарственных препаратов, пестицидов, взрывчатых веществ, приборов (термометры, манометры). Наряду с жидкой ртутью используют и ее соединения. Пары ртути поглощаются деревом, штукатуркой. Сорбированная ртуть способна выделяться в воздух. Скопления ртути под полом, в плинтусах испаряются, загрязняя воздух помещений.

Ртуть попадает в организм через легкие, через желудочно-кишечный тракт, может проникать через неповрежденную кожу. Откадывается в легких, мозге, костях. Выводится из организма почками, слюнными и молочными железами. Ртуть нарушает белковый обмен и ферментативные процессы. Поражает преимущественно нервную и выделительную систе-

мы. При хронических интоксикациях поражается в основном нервная система, наблюдаются вегетативные нарушения – тахикардия, артериальная гипертензия. Наиболее типичный симптом - мелкий тремор пальцев вытянутых рук, приподнятых ног, век, языка. Отмечаются повышенная эмоциональная возбудимость, застенчивость, снижение умственной работоспособности, внимания, металлический привкус во рту, кровоточивость десен.

Противопоказаниями к приему на работу являются заболевания нервной системы, желудочно-кишечного тракта, почек. Не допускаются к работе с ртутью беременные, а также кормящие женщины.

УДК 303.832.2

Влияние производственной вибрации на работоспособность работников

Студенты гр. 114341 Дыдышко О.В., Кисель И.М.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Вибрация воспринимается (ощущается) лишь при непосредственном соприкосновении с вибрирующим телом или через другие твердые тела, соприкасающиеся с ним. При соприкосновении с источником колебаний, генерирующим (издающим) звуки наиболее низких частот (басовые), наряду со звуком воспринимается и сотрясение, то есть вибрация.

В зависимости от того, на какие части тела человека распространяются механические колебания, различают местную и общую вибрацию. При местной вибрации сотрясению подвергается лишь та часть тела, которая непосредственно соприкасается с вибрирующей поверхностью (как правило, руки при работе с ручными вибрирующими инструментами или при удержании вибрирующего предмета, детали машины и т.п.).

Иногда местная вибрация передается на части тела, которые сочленены суставами с частями, непосредственно подвергающимися вибрации. Однако амплитуда колебаний этих частей тела обычно ниже, так как по мере передачи колебаний по тканям, и тем более мягким тканям, они постепенно затухают.

Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия с пневматическим или электрическим приводом. Инструменты ударного действия: клепальные, рубильные, отбойные молотки, пневмотрамбовки.

К машинам ударно-вращательного действия относятся пневматические и электрические перфораторы (применяются в горнодобывающей промышленности, преимущественно при буровзрывном способе добычи).

К ручным механизированным машинам вращательного действия относятся шлифовальные, сверлильные машины, электро- и бензомоторные пилы.

Локальная вибрация также имеет место при точильных, наждачных, шлифовальных, полировальных работах, выполняемых на стационарных станках с ручной подачей изделий, при работе ручными инструментами без двигателей (например, рихтовочные работы).

При воздействии вестибулярных раздражителей, к которым относится вибрация, нарушаются восприятие и оценка времени, снижается скорость переработки информации. В ряде работ показано, что низкочастотная вибрация вызывает нарушение координации движения, причем наиболее выраженные изменения отмечаются при частотах 4 – 11 Гц.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.

К основным проявлениям вибрационной болезни, обусловленной местной вибрацией, относятся нейрососудистые расстройства. Они проявляются раньше всего на руках и сопровождаются интенсивными болями после работы и по ночам, снижением всех видов кожной чувствительности, слабостью в кистях рук.

Нередко наблюдается как называемый феномен «мертвых» или белых пальцев. Одновременно развиваются мышечные и костные (вплоть до дегенеративно-дистрофических) изменения, а также расстройства нервной системы по типу неврозов.

Нарушаются функции эндокринных желез, внутренних органов, обменные процессы. Установлено, что вибрационная болезнь может длительное время протекать компенсировано, в течение этого периода больные сохраняют трудоспособность и не обращаются за медицинской помощью. При общей вибрации возникают клинические симптомы, связанные с расстройствами деятельности мозга. При этом особенно часто страдает вестибулярный аппарат, появляются головные боли, головокружения.

Низкочастотная общая вибрация, особенно резонансного диапазона, вызывая длительное травмирование межпозвоночных дисков и костной ткани, смещение органов брюшной полости, изменения моторики гладкой мускулатуры желудка и кишечника, может приводить к болевым ощущениям в области поясницы, возникновению и прогрессированию дегенеративных изменений позвоночника, заболеванию хроническим пояснично-крестцовым радикулитом, хроническим гастритом.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия локальной и общей вибрации работающие должны использовать средства индивидуальной защиты: рукавицы или перчатки.

УДК 681.784.533

Влияние ультрафиолетовых светодиодных ламп на организм человека и окружающую среду

Студент гр. 11305112 Матюш И.И., магистрант Демидович А.Г.
Научный руководитель – Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ультрафиолетовое излучение – электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны меньше длин волн видимого излучения (от 10 до 400 нм).

Современная классификация по диапазонам длин волн спектра УФ-излучения согласно ISJ 21348 следующая: ближний (NUV) – 400 – 300 нм; средний (MUV) – 300 – 200 нм; дальний (FUV) – 200 – 122 нм; экстремальный (EUV) – 121 – 10 нм; ультрафиолет А, длинноволновый диапазон (UVA) – 400 – 315 нм; ультрафиолет В, средний диапазон (UVB) – 315 – 280 нм; ультрафиолет С, коротковолновой, гермицидный диапазон (UVC) – 280 – 100 нм.

УФ-излучение широко нашло широкое применение во многих областях человеческой деятельности (медицине, приборостроении, пищевой промышленности, криминалистике и т.д.), что связано с появлением новых источников излучения – УФ-светодиодных ламп, которые оказывают различное влияние на живые организмы и окружающую среду.

К достоинствам УФ-светодиодных ламп относятся отсутствие токсичных компонентов, длительный срок эксплуатации, высокая светоотдача, возможность получения различных спектральных характеристик и направленного излучения, отсутствие инерционности при включении и выключении, отсутствие тепловыделения, возможность обеспечения беспроводной связи в диапазоне 200 – 280 нм, определение электронной структуры атомов и обнаружение опасных микроорганизмов, реставрационные работы.

Недостатками УФ-светодиодных ламп являются: относительно высокая стоимость, температурные ограничения эксплуатации, наличие стробоскопического эффекта (возникно-

вление пульсации светового потока, зрительной иллюзии неподвижности или мнимого движения предмета при его прерывистом визуальном наблюдении). Стробоскопический эффект приводит к утомлению зрительных анализаторов человека из-за постоянной переадаптации глаза и, как следствие к снижению внимательности и контролирующей функции, что может привести к созданию травмоопасной ситуации.

Кроме того, УФ-излучение оказывает фотоэлектрическое действие (фотоионизацию), а также поглощается телами живой и неживой природы. Однако, наряду с опасностью переоблучения, оно необходимо для нормального функционирования организма человека, так как является важным стимулятором основных биологических процессов.

Действие каждой из областей спектра оказывает разное влияние на организм, клетки и органы. Излучение в диапазоне (400 – 280 нм) значительно повышает тонус симпатико-адренолиновой системы, регулирует нервное состояние человека. Переоблучение может приводить к острым и отсроченным серьезным структурным функциональным повреждениям тканей глаз и кожи человека: ожоги тела и переднего отдела глаза (электроофтальмии).

Для источников УФ-излучения устанавливаются требования к спектрорадиометрическим характеристикам, определяющим степень опасности для человека и контролируемые спектрорадиометрами, дозиметрами и др.

В Республике Беларусь в настоящее время отсутствуют эталоны, обеспечивающие измерение и передачу размеров величин по поверочным схемам, т.е. метрологическое обеспечение.

В рамках Европейского Союза действует регламент комиссии от 18 сентября 2009 г., вносящий изменения в регламент (ЕС) № 244/2009 в отношении требований экологических конструкций бытовых ламп с направленным ультрафиолетовым излучением. С 1 июля 2014 г. в Республике Беларусь вступил в силу ГОСТ ИЕС 6247 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем», устанавливающий предельные дозы облучения, методику выполнения измерений и схему классификации для оценки и контроля фотобиологической опасности от электрических питаемых некогерентных широкополосных источников оптического излучения, включая светодиоды, в диапазоне длин волн от 200 до 3000 нм.

Светодиоды и светодиодные лампы не включены в «Перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия. Подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь», утвержденный постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 16 декабря 2008 г. № 60. Светодиоды, как источники света подпадают под действие технического регламента Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».

УДК 004.7

Воздействие Wi-Fi на здоровье человека

Студентка гр. 113431 Судиловская К.А.

Научный руководитель – Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современный мир принципиально отличен от того, в котором человек жил всего несколько веков назад. Вместе с техническим прогрессом в цивилизацию пришла невидимая опасность – электромагнитное излучение. Все техногенные поля нашей среды обитания опасны для человека, как и для всех живых структур тем, что эти поля не естественные и у человека нет врожденных индикаторов наличия таких полей в среде обитания.

В связи с развитием Интернета для беспроводного подключения к всемирной электронной паутине широко внедряется Wi-Fi система, которая генерирует постоянное электромагнитное излучение.

В ходе различных исследований за последнее десятилетие ученым удалось доказать, что излучение Wi-Fi вызывает различные нарушения в работе сердца. Причем наибольшую чувствительность демонстрируют относительно здоровые люди в возрасте от 37 до 58 лет. Под действием излучения наблюдалось учащенное сердцебиение, тахикардия, аритмия и другие симптомы вплоть до тошноты, обильного потоотделения и рвоты. Также отмечались проблемы с памятью, концентрацией и хроническая усталость.

Кроме того, технология Wi-Fi может привести к *повреждению развития центральной нервной системы*. По мнению ученых, наибольшему риску подвергаются дети, поскольку у них более тонкая черепная кость, а нервная система находится в стадии формирования. Эксперты Всемирной организации здравоохранения рекомендуют воздерживаться от использования беспроводного доступа в Интернет через Wi-Fi в школах, где есть маленькие дети.

Для того чтобы минимизировать негативное электромагнитное влияние Wi-Fi, необходимо разместить точку доступа беспроводного интернета на расстоянии не менее 1 метра от места, в котором человек проводит много времени. Выключать источник Wi-Fi, когда он не используется, а также отключать функцию, отвечающую за его работу в мобильных телефонах, особенно при ношении в кармане.

УДК 621.039

Защита при авариях (катастрофах) на химически опасных объектах

Студенты гр. 114341 Сытый В.С., Янукович Р.А.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Химически опасные объекты (ХОО) – это объекты, при аварии на которых или разрушении которых может произойти поражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, либо химическое заражение окружающей природной среды опасными химическими веществами в концентрациях или количествах, превышающих естественный уровень их содержания в среде.

Главный поражающий фактор при аварии на ХОО – химическое заражение приземного слоя атмосферы; вместе с тем возможно заражение водных источников, почвы, растительности. Это аварии нередко сопровождаются пожарами и взрывами.

Аварийные ситуации с выбросом (угрозой выброса) опасных химических веществ возможны в процессе производства, транспортировки, хранения, переработки, а также при преднамеренном разрушении (повреждении) объектов с химической технологией, складов, мощных холодильников и водоочистных сооружений, газопроводов (продуктопроводов) и транспортных средств, обслуживающих эти объекты и отрасли промышленности.

Наиболее опасны аварии на предприятиях, производящих, использующих или хранящих ядовитые и взрывоопасные материалы. К ним относятся заводы и комбинаты химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности. Особую опасность представляют собой аварии на железнодорожном транспорте, сопровождающиеся разливом перевозимых сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ).

Среди многочисленных ядовитых веществ, используемых в промышленном производстве и экономике, наибольшее распространение получили хлор и аммиак.

Помимо хлора и аммиака в производстве используются также синильная кислота, фосген, окись углерода, ртуть и другие ядовитые вещества.

Аварии на предприятиях, производящих или использующих ядовитые вещества, могут сопровождаться выбросом в атмосферу этих веществ. Попадая в атмосферу, ядовитые

вещества в газообразном или парообразном состоянии образуют зоны химического заражения, площадь которых порой достигает нескольких десятков километров и более.

В случае возникновения аварии на химическом предприятии и появлении в воздухе и на местности ядовитых веществ подается сигнал гражданской обороны «Внимание всем!» - сирены, прерывистые гудки предприятий и специальных транспортных средств, а по радио и телевидению передаются сообщения местных органов власти или гражданской обороны.

Основными мерами защиты персонала и населения при авариях на ХОО являются:

- использование индивидуальных средств защиты и убежищ с режимом изоляции;
- применение антидотов и средств обработки кожных покровов;
- соблюдение режимов поведения (защиты) на зараженной территории;
- эвакуация людей из зоны заражения, возникающей при аварии;
- санитарная обработка людей, дегазация одежды, территории, сооружений, транспорта, техники и имущества.

УДК 620.9:658.345

Культура безопасности на атомной станции

Студенты гр. 106811 Королевич А.И., Мисюкевич А.С.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Культура безопасности – относительно новое для инженерной практики словосочетание, смысл которого надо понимать как отношение человека к проблемам безопасности, проявленное им при выполнении служебных обязанностей. Понятие культуры безопасности появилось в атомной энергетике после чернобыльской аварии в процессе анализа причин ее возникновения.

Многолетний опыт эксплуатации атомных станций показывает, что причины возникновения большинства аварий и инцидентов так или иначе связаны с поведением людей, их отношением к проблемам безопасности, поэтому до начала физического пуска АЭС должна быть укомплектована подготовленным и допущенным к самостоятельной работе персоналом.

Подготовка персонала должна вестись с учетом анализа имевших место в прошлом ошибок, обеспечивать понимание и знание им последствий возможных ошибок для безопасности персонала, населения и окружающей среды. Атомная станция должна быть укомплектована персоналом, имеющим необходимую квалификацию и допущенным в установленном порядке к самостоятельной работе до завода ядерного топлива на станцию. Допуск эксплуатационного персонала к выполнению определенных видов деятельности осуществляется при наличии разрешений.

Составным элементом содержания подготовки должно быть формирование у эксплуатационного персонала культуры безопасности. Культура безопасности имеет особенности, выделяющие ее из ряда других принципов безопасности:

- культурой безопасности должна быть пронизана деятельность организаций, предприятий и отдельных лиц, участвующих во всех этапах жизненного цикла АЭС – от разработки технико-экономического обоснования сооружения АЭС до вывода ее из эксплуатации;
- культура безопасности адресована непосредственно человеку – это отличает ее от других принципов безопасности, которые направлены на решение научных, инженерно-технических и медико-биологических проблем обеспечения безопасности АЭС.

Формирование культуры безопасности – это воспитание у каждого человека, работающего в атомной энергетике, такого отношения, при котором он просто будет не способен сделать какой-либо шаг в ущерб безопасности, даже если вероятность опасности в этом слу-

чае чрезвычайно мала. Существует определение культуры безопасности. Документ МАГАТЭ «Культура безопасности» INSAG-4 дает следующую формулировку этого понятия: «Культура безопасности – это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности АС, как обладающим высоким приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью».

Культура безопасности в атомной энергетике базируется на следующих установках:

- работники АЭС всех уровней и рангов должны быть привержены культуре безопасности;
- безопасность имеет приоритет перед всеми остальными производственными ценностями, целями и достижениями;
- возможность повысить безопасность есть всегда, если каждый работник проявит ответственность, самоконтроль в работе, а также личную заинтересованность в повышении безопасности.

В мировой практике принято выделять три этапа в понимании концепции культуры безопасности.

Первый этап. Отношение к вопросам безопасности определяется требованиями соответствия производственных факторов нормативам. На первом этапе основное внимание уделяется техническим критериям культуры безопасности и установлению основных систем и процедур контроля рисков. Улучшения достигаются по указанию руководства и для их реализации используют специалистов, профессионально занимающихся безопасностью.

Персонал склонен полагать, что безопасность является обязанностью руководства и что требования следовать принципам культуры безопасности в значительной степени диктуются ему другими лицами.

Второй этап. Хорошее состояние безопасности представляется целью организационной деятельности, определяемой, главным образом, целями и плановыми показателями безопасности. На втором этапе в организации формируются задачи, связанные с безопасностью, устанавливаются четкие процессы и процедуры достижения ее целей. Часть персонала вовлекается в процесс повышения безопасности при выполнении своей обычной работы. работа планируется лучше с предварительным учетом риска для безопасности, а также правил и процедур, указывающих, что можно и что нельзя делать.

Данный этап безопасности на уровне индивидуального работника или бригады еще не приводит к формированию приверженности работников культуре безопасности.

Третий этап. Безопасность видится как непрерывный процесс улучшений, вклад в который может вносить каждый.

Третий этап развития понимания концепции культуры безопасности – это тот идеал, достичь которого стремятся многие организации во всем мире. Он требует выработки у всех сотрудников АЭС единой точки зрения на ценности, связанные с безопасностью. Формируются новые организационные условия, при которых каждый имеет четкое понимание требований безопасности и по собственной инициативе, а не под внешним давлением доказывает приверженность цели повышения безопасности во всем, что бы он ни делал.

Повышение культуры безопасности может принести практическую пользу при всех видах работ и на всех этапах эксплуатационного цикла установки. Важнейшими преимуществами организаций с высокой культурой безопасности становятся:

- улучшение планирования и выполнения работ;
- повышение эффективности работы руководителей и персонала;
- снижение риска возникновения несчастных случаев и обеспечение защиты людей от случайного облучения.

Культура безопасности является важным аспектом, потому что она оказывает влияние на поведение и мировоззрение каждого сотрудника АЭС, которые являются существенными факторами в достижении безопасности производства. Организации, имеющие развитую

культуру безопасности, главным образом сосредотачиваются на общих целях и ключевых пунктах, а не только на соответствии действий персонала нормативным требованиям.

В формировании культуры безопасности важными являются два фактора: создание соответствующей рабочей атмосферы в коллективе и самомобилизация индивидуума на ответственный и критический подход к выполнению служебных обязанностей, поэтому разработка и внедрение концепции культуры безопасности нуждается в усилиях, исходящих как «сверху» (необходимо видимое влияние руководства), так и «снизу», от персонала.

Для успеха преобразований, проводимых руководством в области культуры безопасности, необходимы эффективное сотрудничество и двусторонняя информированность на всех уровнях, которые зависят от климата доверия в организации. Технические специалисты, специалисты по человеческому фактору, оперативный персонал и руководство, несмотря на различие выполняемых ими функций, должны работать вместе для развития общего понимания. Это само по себе является характеристикой высокой культуры безопасности.

Необходимо уделять постоянное и должное внимание внедрению в повседневную практику принципов культуры безопасности, развитию, совершенствованию методологической базы, практических и учебных материалов для воспитания у персонала, осуществляющего деятельность в области ядерной энергетики, приверженности культуре безопасности.

Персонал, который осуществляет деятельность в области атомной энергетики, должен осознавать, что соблюдение принципов культуры безопасности – не просто лозунг, а одно из условий обеспечения безопасности таких сложных объектов, как атомные станции.

УДК 535:621.373.826:539

Лазерное излучение и лазерная безопасность

Студент гр. 107621 Кирсанов С.Н.

Научный руководитель – Яганова А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Лазер – генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (стимулированного) излучения. Благодаря своим уникальным свойствам (острая направленность и малая расходимость луча, когерентность, монохроматичность), лазеры находят широкое применение в различных отраслях промышленности, науки, техники, связи, медицине, биологии, в сельском хозяйстве и др. Эти свойства позволяют с помощью лазера на сравнительно малой площади получать большие плотности энергии.

По характеру генерируемого излучения лазеры подразделяют на импульсные (длительность излучения 0,25 с) и непрерывного действия (длительность излучения 0,25 с и более). Лазеры генерируют электромагнитное излучение с длиной волны от 0,2 до 1000 мкм.

Этот диапазон с точки зрения биологического воздействия на человека принято подразделять на четыре области: ультрафиолетовую, видимую, ближнюю инфракрасную и дальнюю инфракрасную.

Воздействие лазерного излучения на организм человека носит сложный характер и обусловлено как непосредственным действием излучения на облучаемые ткани, так и вторичными явлениями, выражающимися в различных изменениях, возникающих в организме в результате облучения.

Поражающее действие лазерного излучения зависит от его мощности, длины волны излучения, длительности времени воздействия биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. Различают термическое и нетермическое действие лазерных излучений.

Термическое действие лазерного излучения непрерывного действия имеет много общего с обычным нагревом. На коже образуется ожог, а при большой энергии образуется кратерообразный участок некроза из-за разрушения и испарения биологической ткани. Воздействие импульсного излучения более сложно. В облучаемых тканях энергия импульсного излучения быстро преобразуется в теплоту, что приводит к мгновенному плазмо- и парообразованию, вызывающим механическое разрушение ткани.

Нетермическое действие лазерного излучения обусловлено процессами, возникающими в результате избирательного поглощения тканями электромагнитной энергии, а также электрическими и фотоэлектрическими эффектами.

Особенно чувствительны к воздействию лазерного излучения глаза человека. Повреждение глаз возникает от попадания как прямого, так и отраженного лазерного луча. В ультрафиолетовой области прежде всего возникает разрушение белка роговой оболочки и ожог слизистой оболочки. При больших плотностях энергии это ведет к полной и необратимой слепоте. В видимой области излучение воздействует главным образом на светочувствительные клетки сетчатки, вызывая или временную слепоту, или ожог с последующей потерей зрения.

По степени опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала лазеры разделены на 4 класса:

- класс I (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз и кожи;
- класс II (малоопасные) – для глаз опасно прямое или зеркально отраженное излучение;
- класс III (среднеопасные) – для глаз опасно прямое, зеркально отраженное, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи прямое и зеркально отраженное излучение;
- класс IV (высокоопасные) – для кожи опасно диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Лазерная безопасность обеспечивается совокупностью инженерно-технических, санитарно-гигиенических и организационных мер и зависит прежде всего от класса лазера, который устанавливается предприятием-изготовителем. Размещение лазеров разрешается только в специально оборудованных помещениях. Стены, потолок должны иметь матовую поверхность, все предметы, за исключением специальной аппаратуры, не должны иметь зеркальных поверхностей.

Управление лазерами IV класса должно быть дистанционным, а дверь помещения, где они установлены, иметь блокировку. При использовании лазеров II и III класса необходимо всячески предотвращать попадание излучения на рабочие места (ограждение лазероопасной зоны, экранирование пучка излучения и др.).

Экраны ограждений должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения. Для удаления возможных токсических газов, паров и примесей оборудуется приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением.

Для защиты от шума принимаются соответствующие меры звукоизоляции установок, звукопоглощения и др.

К индивидуальным средствам защиты, обеспечивающими безопасные условия труда при работе с лазерами, относятся специальные очки, щитки, маски, обеспечивающие снижение облучения глаз до предельно допустимых уровней. В зависимости от длины волны лазерного излучения в противолазерных очках используются оранжевые, сине-зеленые или бесцветные стекла. При этом средства индивидуальной защиты применяются только в тех случаях, когда средства коллективной защиты не позволяют обеспечить требований санитарных норм. При эксплуатации лазеров должен проводиться дозиметрический контроль.

Меры безопасности при устройстве опалубки при возведении монолитных железобетонных конструкций

Студент гр. 112021-11 Крукович Д.С.
Научный руководитель – Батыновская И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Монолитное строительство из железобетона – современная технология, которая позволяет в очень короткие сроки возводить здания любой архитектурной сложности и этажности. Технология монолитного строительства основана на приготовлении и доставке бетона, подготовке опалубки различного типа, устройстве армирования укладке бетона для возведения необходимых конструктивных элементов. Выбор опалубочной системы в первую очередь определяется характером бетонируемых конструкций или сооружений, соотношением их геометрических размеров, принятой технологией производства работ и климатическими условиями. Кроме области применения, необходимо уделить внимание конструктивным особенностям, способу установки, размерам (крупнопанельная и мелкоштучная опалубка) и применяемым материалам.

Эксплуатацию опалубки, производство опалубочных работ необходимо осуществлять с соблюдением требований ТКП 45-5.03-23-2006 «Опалубочные системы. Правила устройства».

Вопросы охраны труда и безопасных условий производства работ должны быть отражены в технологических картах на опалубочные работы. К работе с опалубкой должны допускаться лица, прошедшие медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда, ознакомленные с ее устройством или технологической картой. До начала выполнения опалубочных работ работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты (спецодеждой, спецобувью и др.) в соответствии с правилами обеспечения работников средствами индивидуальной защиты.

Рабочие места и проходы к ним, расположенные на высоте более 1,3 м и расстоянии менее 2 м от границы перепада по высоте ограждаются временными инвентарными ограждениями. При невозможности устройства защитных ограждений или в случае кратковременного периода нахождения работников на высоте допускается производство работ с применением предохранительных поясов с карабинами. Если работы выполняются на наклонной поверхности с углом более 20 градусом к горизонту, рабочие должны пользоваться страховочными поясами.

Собранные из мелких щитов крупногабаритные панели и опалубочные блоки необходимо устанавливать при помощи крана с соблюдением следующих правил:

- устанавливаемые элементы должны быть надежно скреплены;
- освобождать установленный элемент от крюка подъемного механизма разрешается после его закрепления постоянными или временными связями с проверкой надежности их креплений;
- рабочим категорически запрещается находиться на панелях и блоках опалубки во время их перемещения грузоподъемными механизмами;
- нахождение людей под монтируемыми элементами запрещено.

Не допускается выполнять распалубку при помощи крана без предварительного отрыва формообразующих элементов опалубки от бетона. Запрещается производить укладку бетона в опалубку без предварительной проверки правильности закрепления опалубочных элементов замками и тяжами. Запрещается прием бетона на подмости, а также размещение на них других грузов. Также на допускается размещение на опалубке для монолитного строительства и подмостях материалов, инструмента и оборудования, которые не предусмотрены

проектом и технологией выполнения работ. Пребывание на опалубочном настиле людей, не принимающих непосредственного участия в опалубочных работах, также запрещено. В комплект опалубки стен и колонн, как правило, должны входить навесные подмости с ограждением, предупреждающим падение человека. Для несущих элементов опалубки указываются правила монтажа, демонтажа и допустимые нагрузки. Оборудование для перемещения и нахождения рабочего персонала (подмости, лестницы, трапы и пр.) должны надежно крепиться к элементам съемной опалубки.

За состоянием опалубки и крепежа необходимо систематическое наблюдение. Состояние опалубки, тары, средств подмащивания ежедневно перед началом смены проверяются лицом, ответственным за производство работ на данном объекте. Обнаруженные неисправности устраняются немедленно.

Механические, гидравлические, пневматические подъемные устройства для перемещения опалубки должны быть снабжены автоматическими удерживающими приспособлениями, срабатывающими при отказе подъемного устройства. Для подъема работников на высоту на опалубку следует предусматривать лестницы. Перед эксплуатацией лестницы следует испытывать статической нагрузкой, результат периодических испытаний фиксировать в журнале учета и испытания лестниц.

Монтаж и демонтаж опалубки производят работники под контролем и с разрешения производителя работ (мастера), а на особо ответственных конструкциях (по перечню, установленному проектной документацией) – с разрешения главного инженера строительной организации. Распалубку опалубочной системы необходимо производить в порядке обратном монтажу. При этом необходимо принять меры против случайного обрушения отдельных элементов съемной опалубки. Если имеется техническая возможность, стеновую опалубку нужно демонтировать крупными модулями с их последующей разборкой на составляющие на земле.

Приготовление и нанесение любых смазок на поверхность опалубки выполняется с обязательным соблюдением всех требований санитарии и техники безопасности. При разливе смазок в помещении или на открытой площадке необходимо собрать их в отдельную тару, место разлива засыпать опилками с последующим их удалением и сжиганием согласно. При работе со смазками следует применять средства индивидуальной защиты кожных покровов и слизистых оболочек глаз. Лица, работающие со смазками, должны проходить периодические медицинские осмотры. Производить сварочные работы на расстоянии менее 30 см от опалубки не допускается.

При устройстве опалубки, монтаже арматурного каркаса, заливке строительной смеси и прочих работах, характерных для монолитного строительства с применением съемной опалубки, необходимо следить, чтобы состояние сооружений были устойчивыми. Стеновая опалубка в зависимости от высоты должна быть зафиксирована одно- или двухуровневыми подкосами, подмости должны быть надежно закреплены на несущем каркасе опалубочных щитов.

Если строительная опалубка монтируется в несколько ярусов по вертикали, то каждый последующий ярус может быть установлен только после проверки правильности и надежности установки предыдущего. В качестве опор съемной опалубки должны применяться только штатные элементы, входящие в комплект опалубочной системы. Крепление опалубки стен, фундамента, перекрытий и с помощью вспомогательных материалов строго запрещается. При монтаже строительной опалубки все элементы, которые могут регулироваться (телескопические стойки, резьбовые шкворни, эксцентриковые замки и т.д.) должны быть затянуты или надежно зафиксированы.

Стройплощадка должна быть оборудована средствами пожаротушения (щитом с инструментом, ящиками с песком, огнетушителями и пр.).

Студентка гр. 113531 Могдалова Е.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Живя в мире, наполненном различными звуками, люди редко задумываются, что же такое – звук, и какое влияние он оказывает на нас. В окружающем нас пространстве беззвучно перемещаются немые волны различной частоты. Природой человеку дан слуховой аппарат, способный трансформировать эти волны в звук, однако люди могут услышать лишь малую часть из всего того широкого диапазона частот.

Человеческое ухо устроено так, что воспринимает звуки с частотой от 16 до 18-20 тысяч колебаний в секунду (Гц), но акустические колебания могут иметь как более низкие, так и более высокие частоты, которые составляют области не слышимых человеком ультра- и инфразвуков. Это те колебательные процессы во внешней среде, которые человек не замечает, но которые могут оказывать весьма существенное влияние на различные биологические процессы.

Звук – это упругие волны, продольно распространяющиеся в какой – либо упругой среде и создающие в ней механические колебания, проще говоря, это движение молекул воздуха, вызываемое колеблющимся физическим телом (например, струной гитары, камертоном или мембранной громкоговорителя).

Окружающая нас среда буквально пронизана инфразвуковыми колебаниями, среди природных источников инфразвука называют волны, землетрясения, ураганы, извержения вулканов, резкие колебания давления в атмосфере и пр.

Инфразвук действует на организм человека за счет резонанса: частоты колебаний при многих процессах в организме лежат в инфразвуковом диапазоне: сокращения сердца 1-2 Гц, дельта-ритм мозга (состояние сна) 0,5-3,5 Гц, альфа-ритм мозга (состояние покоя) 8-13 Гц, бета-ритм мозга (умственная работа) 14-35 Гц.

При совпадении колебаний инфразвука с колебаниями в теле усиливаются, что может привести к расстройству работы органа, его травме или даже разрыву на части. Собственная частота колебаний тела человека составляет примерно 8-15 Гц. Грубо говоря, это означает, что каждое движение каждой мышцы вызывает затухающую микросудорогу всего тела с частотой его собственных колебаний. Когда на организм начинают воздействовать инфразвуком, колебание тела попадают в резонанс, и амплитуда микросудорог увеличивается в десятки раз. Понять, что с ним происходит, человек не может, инфразвук не слышен, но у него возникает чувство ужаса и опасности. При достаточно мощном воздействии в организме начинают разрываться внутренние органы, капилляры и сосуды.

Зная, что звуковые частоты вызывают в людях чувство страха и панику, еще во время Второй Мировой войны немцы начали пытаться создавать инфразвуковое оружие.

Инфразвуковое оружие – оружие, использующее в качестве поражающего средства достаточно сильный инфразвук. Принцип заключается в воздействии на объект сверхнизких частот. Речь идет о частотах от десятых долей до единиц герц. В том случае, если уровень мощности сигнала при определенной частоте достаточно высок, то воздействие является действенным, причем в разных диапазонах это воздействие имеет различный характер. Привлекательность для военных этого типа оружия заключается, прежде всего, в возможности не смертельного воздействия, хотя при необходимости может быть и иначе.

Кроме того, инфразвуковые волны отлично распространяются на большие расстояния, проходя сквозь бетонные стены, земную кору, воду и воздух. Особенностью инфразвука является его низкое поглощение средой, в которой он распространяется. Информация об ин-

фразвуковом оружии периодически поступает, однако до настоящего времени в этом направлении планируемые цели достигнуты лишь частично.

УДК 625.7/7:658.382

Обеспечение безопасности при дорожном строительстве

Студент гр. 114361 Якимович Ю.Е.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основные мероприятия по охране труда при дорожном строительстве предусматривают с целью обеспечения безопасных условий труда, учитывая опасности выполнения технологических процессов.

При этом необходимо обязательно соблюдать требования промышленной санитарии, охраны труда и противопожарной техники, предусмотренных действующими законоположениями, нормами и правилами.

Воздействие неблагоприятных атмосферных условий, влияние токсических свойств используемых материалов, вибрация, пыль, шум, недостаточное освещение и другие факторы могут привести к заболеваниям и потере трудоспособности рабочих. Нарушение правил техники безопасности может привести к травматизму.

Необходимо учитывать противопожарные требования, в первую очередь на пожароопасных объектах. Все самоходные машины и транспортные средства должны быть оборудованы средствами тушения пожара в связи с возможностью возгорания горюче-смазочных материалов. Все мероприятия по охране труда следует проводить планомерно, в течение всего периода производства работ.

Причины возможного возникновения несчастных случаев при дорожном строительстве разделяются на организационные и технические. К организационным причинам относятся:

- неподготовленность строительства;
- допуск к проведению операций людей, не прошедших предварительный инструктаж по безопасным приемам работы;
- использование рабочих не по специальности;
- отсутствие на строительных площадках необходимых санитарно-гигиенических устройств;

Технические причины – это:

- неправильная организация технологических процессов;
- неисправность применяемых машин и механизмов и неправильные способы их эксплуатации;
- неисправность или отсутствие защитных ограждений;

Общие требования безопасности для работы на производственных предприятиях дорожного строительства заключаются в:

- надлежащей планировке территории и ее благоустройстве;
- правильной организации технологического процесса предприятия в целом и отдельных его цехов;
- надежном размещении и закреплении машин;
- применении прочных строительных конструкций и ограждений;

К работе допускаются лица, прошедшие предварительный инструктаж по технике безопасности.

При работе с горячими битумами и дегтями во избежание попадания их на руки и лицо необходимо надевать рукавицы, защитные очки, шлемы и комбинезоны. Нагревать вяжу-

щие материалы и работать с ними разрешается только с подветренной стороны от места выделения вредных паров.

На заводах по производству цемента, бетона, где в воздухе выделяется пыль, надо систематически исследовать воздушную среду. Это делают в сроки, согласованные с санитарно-эпидемиологической службой, но не реже одного раза в месяц. До начала строительства дороги участок ограждают переносными щитами, устраивают объезды и пути подвоза дорожно-строительных материалов.

Весь обслуживающий персонал должен быть ознакомлен со свойствами используемых материалов и безопасными приемами труда. Швы в затвердевшем бетоне нарезают только в защитных очках; с пленкообразующими материалами работают только в комбинезонах, защитных очках и рукавицах.

Широкое применение разнообразных машин в дорожном строительстве влечет за собой необходимость строгого соблюдения правил техники безопасности при их эксплуатации.

До начала работы оператор (водитель) проверяет состояние машины и устраняет замеченные неисправности, перед каждым ее пуском, а также при изменении направления движения подает предварительный звуковой сигнал.

До начала работы землеройных машин обрабатываемый участок очищают от посторонних предметов, которые могут препятствовать движению машин, привести к их поломке или к опрокидыванию.

На свежесыпанных насыпях расстояние от края гусеницы или колеса до края насыпи должно быть не менее 1 м. При работе машин с ходовой частью в виде сдвоенных пневматических колес запрещается находиться сзади ведущих колес, так как при их вращении возможно выбрасывание камней и комьев грунта. На каждом строящемся участке дороги намечаются безопасные места для рабочих. Для работы в ночное время машины оборудуются лобовым и общим освещением, обеспечивающим достаточную видимость пути перемещения, фронта работ и прилегающих к нему участков. Сам участок в это время также должен быть хорошо освещен.

Бригада рабочих, занятых на строительстве, должна быть обеспечена передвижным вагончиком, где хранят аптечку, инструмент, бак с питьевой водой и где в случае необходимости можно укрыться от непогоды.

Инструктаж по технике безопасности и контрольную проверку проводят один раз в 6 месяцев и отражают это в специальном журнале.

УДК 621.7/9.048.7

Обеспечение безопасности при лазерной резке металла

Студенты гр. 113111 Андрияш А.С., Кипарин А.И.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При эксплуатации лазеров и лазерных установок персонал может подвергаться воздействию большого числа опасных и вредных производственных факторов. Степень их воздействия зависит от пространственно-энергетических характеристик лазерного излучения, условий эксплуатации лазерных установок и их конструктивных особенностей. При этом можно выделить два типа опасных и вредных производственных факторов.

К первому типу относятся факторы, воздействующие в основном на отдельные органы, ко второму - воздействующие на весь организм. Первый тип факторов включает лазерное излучение, аэродисперсные системы, вредные химические вещества и шум. Ко второму типу факторов относят вибрацию, электромагнитные поля, повышенное напряжение, ионизирующее излучение, микроклиматические условия.

Основную опасность лазерное излучение представляет при воздействии на орган зрения. Повреждение глаз может произойти в результате действия как прямого, так и отраженного излучения. В производственных условиях облучение прямым лазерным излучением возможно лишь при грубом нарушении правил техники безопасности. Влияния этого фактора опасности определяется плотностью энергии (мощности) излучения лазера, длиной волны, условиями его использования и режимом работы (импульсный, непрерывный). Можно отметить, что лазерное излучение является определяющим при оценке степени безопасности технологических процессов при использовании лазерных установок.

Лазерная резка металла подразумевает то, что нагревание материала и его последующее разрушение осуществляется при помощи лазерного луча. Сначала металл под сконцентрированным лучом лазера нагревается до температуры плавления, затем энергия лазера приводит к тому, что металл закипает и начинает испаряться.

Рабочее место оператора, осуществляющего процесс резки металла, должно быть экранировано для защиты от появления направленного первичного или вторичного излучения. Каждая лазерная установка должна быть снабжена указанием о том, что глаза необходимо защищать специальными фильтрами. Резка металла должна осуществляться лучом, который ограничен длиной, необходимой для выполнения работ. В процессе резки должны использоваться средства для защиты кожи и открытых участков тела. Если в области прохождения лазера имеются отражающие поверхности, то их необходимо либо удалить, либо надежно закрыть.

В процессе резки металла лазерным лучом запрещается смотреть на луч даже в том случае, если глаза оператора установки защищены специальными светофильтрами. В процессе выполнения работ должны быть задействованы отсасывающие системы, которые будут удалять из окружающей атмосферы пыль и отработанные газы.

Акустический или оптический сигнал должен оповещать оператора о начале резки металла с использованием импульсного лазера или лазера, который функционирует в невидимом для человека диапазоне длин волн. При этом следует отметить, что цвет сигнала (в том случае, когда используется оптический сигнал для предупреждения оператора) должен быть различим человеком, несмотря на использование последним защитных светофильтров. По возможности лазерный луч должен проводиться в закрытом исполнении.

При закрытых помещениях сигнальная установка должна оповещать также вне помещения о работе лазера. Все лазерные установки должны обеспечивать максимальную техническую безопасность. Основной выключатель установки и приборов должен находиться также и вне помещения. Лазерная резка металла должна по возможности выполняться в помещениях со стенами, характеризующимися светлой, матовой окраской. Производственное помещение, в котором находится лазер, должно быть хорошо обозримым. В пределах рабочего помещения запрещается размещать или оставлять блестящие предметы. В рабочем помещении запрещено хранить легковоспламеняющиеся или взрывоопасные вещества.

В процессе работы с лазерным излучением может появиться необходимость прерывания лазерного луча огнестойкой мишенью. И в этом случае обслуживающий персонал должен находиться на достаточно большом расстоянии от лучепроводящего тракта.

В некоторых случаях целесообразно даже ограждать весь тракт, используя для этой цели волноводы (световоды). Работы с лазерами должны проводиться при ярком общем освещении. В этом случае размеры зрачка наименьшие, что способствует уменьшению энергии излучения, которая может случайно попасть в глаз.

Соблюдение перечисленных выше правил безопасности дает возможность обеспечить безопасность персонала, работающего с лазерными установками и осуществляющего с их помощью резку металла или других материалов.

Организация труда при выполнении СМР

Студент гр. 114361 Ковальчук А.А.
Научные руководители – Кузьмич Т.П., Яганова А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На стройках, где по мере выполнения строительного-монтажных процессов обстановка и условия труда рабочих часто меняются и производство работ ведут несколько организаций, соблюдение правил техники безопасности является не только ответственной, но и сложной задачей. Для успешного решения этой задачи требуется высокое качество проектных решений, летальная разработка проектов производства работ, в том числе технологических карт.

Необходимо также, чтобы было обеспечено высокое качество применяемых материалов, изделий, конструкций и строительных машин и механизмов, должна быть обеспечена эффективная звуковая или световая сигнализация, а используемые в строительстве инвентарные устройства и монтажная оснастка должны отвечать всем требованиям техники безопасности.

В соответствии с действующими нормами и правилами администрация стройки должна в установленные сроки организовать инструктаж, изучение и проверку знаний рабочих и технического персонала в области техники безопасности с обязательным документальным ее оформлением. Эти мероприятия приводят в соответствии «Типовыми программами по обучению рабочих безопасным методам труда и проверке знаний инженерно-техническими работниками техники безопасности в строительстве».

Вновь поступающих на строительство рабочих можно допускать к работе только после прохождения ими вводного (общего инструктажа по технике безопасности и инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте. Кроме того, не менее 3 месяцев со дня поступления на работу они должны пройти обучение безопасным методам работ по утвержденной программе. Инструктаж по технике безопасности необходимо проводить при переходе на новую работу или при изменении условий работы. Ежегодно следует проверять знания по технике безопасности, как рабочих, так и инженерно-технических работников. К работе на особо опасных и вредных производствах, к которым также относятся монтаж конструкций на высоте, огнеупорные, кислотоупорные и изоляционные работы, процессы с применением радиоактивных веществ и т.п., рабочие допускаются лишь после соответствующего обучения и сдачи ими экзамена.

Работающим в опасных и вредных условиях необходимо выдавать средства индивидуальной защиты, предупреждающие возможность возникновения несчастных случаев, и спецодежду, защищающую организм от влияния вредных факторов окружающей среды. Рабочие должны быть проинструктированы о правилах пользования выдаваемыми им средствами защиты.

В целях лучшего усвоения правил техники безопасности выпускают памятки для рабочих различных профессий. Значительный эффект по предупреждению травматизма дает наглядная агитация в виде плакатов, развешиваемых вблизи рабочих мест, в бытовых помещениях и др.

Санитарно-гигиенические мероприятия, основанные на изучении влияния условий труда на организм человека и таким образом тесно связанные с научной организацией труда, предусматривают осуществление санитарно-гигиенического обслуживания трудящихся на рабочих местах и в бытовых помещениях. К таким мероприятиям относятся создание на рабочих местах нормальной воздушной среды, освещенности, устранение вредного воздействия вибрации и шума, оборудование необходимых бытовых и санитарных помещений и др.

Противопожарная безопасность включает комплекс мероприятий по предупреждению пожаров, улучшению противопожарного состояния зданий и сооружений, снижению пожарной опасности в производственных процессах.

Комиссия по охране труда контролирует выполнение администрацией трудового законодательства о рабочем времени, своевременность выдачи спецодежды, молока, мыла, качество питьевой воды, защитных индивидуальных приспособлений.

Комиссии по охране труда имеют право требовать от администрации проведения необходимых мероприятий по улучшению условий труда и заслушивать на своих заседаниях доклады и сообщения руководителей строительных участков по всем вопросам охраны труда. Постановления комиссии по охране труда передаются администрации для исполнения.

Большую работу по охране труда на стройках выполняют общественные инспектора, которых избирают из числа наиболее квалифицированных передовых рабочих. Общественный инспектор контролирует выполнение трудового законодательства о рабочем времени, отдыхе, труде женщин и молодежи, а также правила, нормы и инструкции по технике безопасности непосредственно на рабочих местах. Общественный инспектор по охране труда ведет журнал, в который записывает свои замечания и предложения. Журнал хранится на участке у руководителя работ. Администрация обязана своевременно устранить отмеченные в журнале нарушения норм и правил охраны труда.

УДК 331.45-05

Особенности охраны труда женщин

Студенты гр. 11203-2 Бынькова А.Ю., Капкович А.А.
Научный руководитель – Вершения Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека – одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем производства. Изучение и выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров, и разработка мероприятий и требований, направленных на устранение этих причин позволяют создать безопасные и благоприятные условия для труда человека. Комфортные и безопасные условия труда – один из основных факторов, влияющих на производительность и безопасность труда, здоровье работников.

Проблемы охраны труда женщин обусловлены негативным воздействием опасных и вредных производственных факторов на женский организм, включая репродуктивную функцию. Согласно исследованиям Международной организации труда, несмотря на большую среднюю продолжительность жизни женщин по сравнению с мужчинами, они имеют худшее качество жизни в связи с наличием большого количества хронических заболеваний.

Не допускается применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на подземных работах, кроме некоторых подземных работ (нефизических работ или работ по санитарному и бытовому обслуживанию) (статья 262 Трудового кодекса). Список тяжелых работ и работ с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин, утвержден Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26.05.2000 г. № 765.

Запрещается применение труда женщин на работах, связанных с подъемом и перемещением тяжестей вручную, превышающих установленные для них предельные нормы. Установлены предельные нормы подъема и перемещения тяжестей женщинами вручную.

При подъеме и перемещении тяжестей при чередовании с другой работой (до 2 раз в 1 час) – 10 кг, постоянно в течение рабочей смены – 7 кг; суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены: с рабочей поверхности – 350 кг, с пола – 175 кг.

При перемещении грузов на тележках, контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать 10 кг.

Расстояние, на которое груз перемещается вручную, - не более 5 м, высота подъема – не более 1 м, с рабочей поверхности – 0,5 м. Запрещается привлечение к сверхурочным работам, работе в государственные праздники и праздничные дни, выходные дни и направление в служебную командировку беременных женщин и женщин, имеющих детей в возрасте до трех лет. Запрещается привлечение к работе в ночное время беременных женщин. Женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, могут привлекаться к работе в ночное время только с их письменного согласия. Женщины, имеющие детей в возрасте от трех до четырнадцати лет (детей - инвалидов – до восемнадцати лет), могут привлекаться к ночным, сверхурочным работам, работе в государственные праздники, праздничные дни, выходные дни и направляться в служебную командировку только с их письменного согласия.

Беременным женщинам в соответствии с медицинским заключением снижаются нормы выработки, нормы обслуживания либо они переводятся на другую работу, более легкую и исключающую воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, с сохранением среднего заработка по прежней работе.

До решения вопроса о предоставлении беременной женщине в соответствии с медицинским заключением другой работы, более легкой и исключающей воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, она подлежит освобождению от работы с сохранением среднего заработка за все пропущенные вследствие этого рабочие дни за счет нанимателя. Женщины, имеющие детей в возрасте до полутора лет, в случае невозможности выполнения прежней работы переводятся на другую работу с сохранением среднего заработка по прежней работе до достижения ребенком возраста полутора лет.

Женщинам, имеющим детей в возрасте до полутора лет, предоставляются помимо общего перерыва для отдыха и питания дополнительные перерывы для кормления ребенка. Эти перерывы предоставляются не реже через три часа продолжительностью не менее 30 минут каждый. При наличии двух или более детей в возрасте до полутора лет продолжительность перерыва устанавливается не менее одного часа. По желанию женщины перерывы для кормления ребенка могут быть присоединены к перерыву для отдыха и питания либо в суммированном виде перенесены как на начало, так и на конец рабочего дня (рабочей смены) с соответствующим его (ее) сокращением. Перерывы для кормления ребенка включаются в рабочее время и оплачиваются по среднему заработку.

В республике введены в действие санитарные правила и нормы СанПиН №9-72-98 «Гигиенические требования к условиям труда женщин».

Инвалидам при приеме на работу не устанавливается испытание. Работодателем инвалидам наниматель обязан создавать условия труда в соответствии с индивидуальной программой реабилитации, в том числе путем организации их профессионального обучения на производстве, домашнего труда.

Условия труда, в числе оплата, режим рабочего времени и времени отдыха, продолжительность трудового отпуска, устанавливаются трудовым договором, коллективным договором, соглашением и не могут ухудшать положение или ограничивать права инвалидов по сравнению с другими работниками.

Инвалиды, работавшие до ухода на пенсию у нанимателя, сохраняют наравне с его работниками право на медицинское обслуживание, обеспечение жильем, путевками в оздоровительные и профилактические учреждения, а также на другие социальные услуги и гарантии, предусмотренные коллективными договорами, соглашениями. Наниматели вправе за счет собственных средств устанавливать надбавки и доплаты к пенсиям инвалидов, прежде всего одиноким, нуждающимся в посторонней помощи и уходе, а также предоставлять дру-

гие гарантии, предусмотренные Трудовым кодексом и коллективными договорами, соглашениями.

УДК 658.345

Охрана труда беременных женщин

Студенты: гр. 106121 Емелина А.С., гр. 106211 Емелин Ю.В.

Научный руководитель – Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Сегодня в Республике Беларусь очень остро стоит проблема деторождения. За последние годы статистические данные говорят о том, что рождаемость в нашей стране с каждым годом увеличивается. Это связано с тем, что государство стремится обеспечить на законодательном уровне, как права беременных женщин, так и право на достойный уровень жизни в дальнейшем. Однако не все беременные женщины юридически образованы и осведомлены о своих правах, что очень часто приводит к нарушению их прав нанимателями.

В белорусском законодательстве закреплена норма, которая предусматривает перевод на более легкую работу беременных женщин и женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет.

Статья 264 ТК гласит, что беременным женщинам в соответствии с медицинским заключением снижаются нормы выработки, нормы обслуживания либо они переводятся на другую работу, более легкую и исключающую воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, с сохранением среднего заработка по прежней работе. До решения вопроса о предоставлении беременной женщине в соответствии с медицинским заключением другой работы, более легкой и исключающей воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, она подлежит освобождению от работы с сохранением среднего заработка за все пропущенные вследствие этого рабочие дни за счет нанимателя.

Под термином «более легкая работа» подразумевается работа, требующая меньшего физического напряжения и исключающая воздействие неблагоприятных производственных факторов на организм беременной женщины. Так, беременные женщины не должны выполнять производственные операции, которые связаны с подъемом предметов труда выше уровня плечевого пояса, подъемом предметов труда с пола и т.д.

Для беременных женщин должны быть исключены работы на конвейере с принудительным ритмом работы, сопровождающиеся нервно-эмоциональным напряжением, они не должны допускаться к выполнению работ, связанных с воздействием возбудителей инфекционных, паразитарных и грибковых заболеваний, контактом с ядовитыми веществами, а также трудиться в условиях воздействия инфракрасного излучения, в условиях резких перепадов барометрического давления, повышенного уровня радиации и т.д.

У каждой работы могут быть свои специфические условия труда, поэтому для определения условий более легкой работы беременная женщина должна предоставить нанимателю медицинское заключение, в котором и будет указан вид более легкой работы. Если же работница не предоставила медзаключение о необходимости перевода ее на более легкую работу, то такой перевод не требуется.

В медицинском заключении может быть указано, что беременная женщина не в силах выполнять работы, которые она обязана выполнять в соответствии с нормами ее трудового договора (даже не смотря на то, что возможно облегчение условий труда со стороны нанимателя); в таком случае наниматель обязан перевести работницу на более легкий труд.

Возможны и случаи, когда перевести на более легкую работу невозможно по условиям производства или работа не соответствует интересам беременной женщины – в таких случаях допускается оставление ее на прежней работе. В такой ситуации беременной жен-

щине согласно рекомендациям врача облегчаются условия труда с сохранением прежнего среднего заработка. В каждом отдельном случае при решении вопроса о переводе беременной женщины на более легкую работу должны быть учтены ее состояние здоровья, течение беременности, условия труда и специфика особенностей каждого производства. Если наниматель не устранил факторы, обусловившие необходимость перевода беременной женщины, или не сможет предоставить более легкую работу, средняя заработная плата выплачивается до начала социального отпуска по беременности и родам.

Что касается права на перевод беременной женщины на более легкий труд, то помимо данной нормы, трудовым законодательством (в частности ст. 117) запрещается привлечение беременных женщин к работе в ночное время, в том числе при их согласии. Ночным считается время с 22 часов до 6 часов.

Статья 263 ТК содержит норму о запрете привлечения к сверхурочным работам, работе в государственные праздники и праздничные дни, выходные дни и направление в служебную командировку беременных женщин и женщин, имеющих детей в возрасте до трех лет.

Часть 1 статьи 268 ТК гласит, что запрещается отказывать женщинам в заключении трудового договора и снижать им заработную плату по мотивам, связанным с беременностью. При отказе в заключении трудового договора указанным категориям женщин наниматель обязан сообщать им мотивы в письменной форме. Отказ в заключении трудового договора может быть обжалован в суде.

УДК 621.74:628.517

Загазованность воздушной среды рабочих зон литейных цехов

Студентка гр. 104310 Шапелевич И.А.

Научный руководитель – Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Загазованность воздушной среды рабочих мест литейных цехов является одним из основных факторов производственной среды, оказывающих влияние на условия труда работающих. Основными источниками выделения вредных веществ в литейных цехах являются стержневые автоматы с нагреваемой оснасткой, установки холоднотвердеющих смесей, заливаемые формы и выбивка отливок из форм. При разработке современного оборудования для указанных процессов предусматривается оснащение его устройствами по улавливанию и удалению вредных выделений, чтобы не наблюдалось попадания газов в воздушную среду рабочей зоны. Таким образом, в проектируемых или реконструируемых литейных цехах, оснащаемых современным оборудованием, не требуется прогнозирования загазованности участков.

Однако для производств, где используется устаревшее литейное оборудование и не предусматривается его замена современным, оценку ожидаемой загазованности воздуха, рабочих зон участков литейных цехов необходимо осуществлять. Тем более это следует делать, чтобы показать в ряде случаев ошибочность решений проектантов. Также это позволяет получить объективные данные по содержанию газов, необходимые для расчета систем приточно-вытяжной вентиляции участков цехов. Для определения прогнозируемых концентраций газов в воздушной среде участков литейных цехов использовали стандартные уравнения газовой динамики [1 – 3], но при этом ограничились рассмотрением газовых смесей только с двумя компонентами. Одним из этих компонентов является газ, входящий в состав выделяющейся газовой смеси, а другим – воздух помещения участка.

Результаты проведенных исследований позволили построить диаграмму содержания различных вредных веществ в воздушной среде рабочих зон участков литейных цехов с различным характером производства, которая показывает, что в воздушной среде литейных це-

хов отмечаются оксид углерода, азота оксиды, фенол, формальдегид, метиловый спирт, этиловый спирт, углеводороды, ангидрид сернистый, аммиак и др. Наличие и количество того или иного вещества в воздухе рабочих зон определяется применяемыми технологическими процессами.

Наибольшему влиянию вредных веществ в литейных цехах подвергаются работающие при подготовке формовочных материалов, приготовлении стержневых смесей, плавке металла, заливке и выбивке форм. Причем практически на всех участках фиксируется оксид углерода, в одних случаях происходит его выделение при протекании технологических процессов (стержневой, плавильный, заливочный, выбивной, термообрубной участок), а в других — за счет миграции с соседних неизолированных друг от друга участков (высокая подвижность воздуха и разные величины кратностей воздухообмена на различных участках). Поэтому при проектировании литейных цехов необходимо размещать участки с разными газовыделениями изолированно друг от друга или создавать одинаковые кратности воздухообмена во избежание переноса загазованного воздуха на рядом расположенные участки, где нет выделений вредных веществ.

Самая неблагоприятная обстановка по оксиду углерода отмечается на рабочих местах плавильщиков и заливщиков, где концентрации превышают допустимые в 1,3 – 1,8 раза. В цехах массового производства, несмотря на большую интенсивность технологических процессов, не фиксируются наибольшие концентрации оксида углерода. Это говорит об эффективности вытяжной системы вентиляции. И совершенно иная картина имеет место при заливке форм в цехах среднего и крупного литья серийного производства, когда максимальная концентрация достигает 50 мг/м^3 .

Наибольшему воздействию вредных веществ подвергаются стерженщики (в основном массового производства), где используются технологические процессы изготовления стержней по нагреваемой оснастке. На этих рабочих местах фиксируется превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) в среднем до 1,5 – 2 раз, однако максимально разовые концентрации веществ превышают допустимые в 3 – 4 раза. Такое положение создается недостаточным отсосом загрязненного воздуха системой вытяжной вентиляции от стержневых ящиков, а также тем, что доотверждение стержней происходит непосредственно у рабочих мест. На стержневом участке литейного цеха, где используются жидкостекольные смеси, обстановка с загазованностью воздуха рабочих мест наиболее благоприятная для работающих.

Значительные газовыделения характерны и для выбивных участков литейных цехов массового и серийного производства. Однако на рабочих местах выбивщиков, как правило, их содержание незначительно превышает ПДК, так как выбивные решетки чаще всего расположены в изолированных помещениях, а рабочие места операторов – в специальных кабинках. И совершенно иная картина наблюдается при выбивке средних и крупных отливок на решетках, установленных на участках.

Существующее положение с загазованностью рабочих мест литейных цехов объясняется несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах с использованием смесей на органических связующих, недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции, несовершенством технологического оборудования (отсутствие укрытий и встроженных местных отсосов или неэффективностью их работы).

Результаты проведенных исследований также подтвердили заключение о локальности источников газовыделений оборудования или отдельных операций технологических процессов. Поэтому для сведения до минимума выделений вредных веществ в рабочую зону необходимо проектировщикам литейного оборудования оснащать его устройствами по локализации газовых выделений, что было подтверждено и расчетами концентраций газов на рабочем месте заливщика форм на плацу, где не имеется местной вытяжной вентиляции (цех мелкосерийного и единичного производства). Определение значений коэффициента диффузии выделяемых газов в воздушную среду показало, что наибольшее значение имеет коэффициент диффузии оксида углерода, по которому и проводили дальнейший расчет. Определение кон-

центраций оксида углерода осуществляли для рабочего места заливщика (расстояние от источника газовой выделений принимали равным 0,8 м) через различное время от начала заливки. Установлено, что концентрация оксида углерода на рабочем месте превысит ПДК на 9 минуте и наблюдается дальнейшее увеличение ее. Используя полученные данные проектировщики могут осуществить расчет систем местной вытяжной вентиляции для создания допустимых значений концентраций вредных веществ на рабочих местах стерженщиков, заливщиков, выбивщиков.

Таким образом на основании представленных данных можно сделать вывод о том, что вредные вещества оказывают влияние на работающих в литейных цехах, степень воздействия которого определяется применяемыми технологическими процессами и оборудованием для приготовления смесей связующими материалами для изготовления стержней и форм, плавки и заливке металла, выбивке форм, уровнем механизации и автоматизации, а также характером производства. Кроме того на стадии проектирования литейных участков и цехов при выборе технологических процессов можно с использованием разработанной методики расчета определить ожидаемые концентрации вредных веществ на рабочих местах.

Список использованных источников

1. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л.Г. – М.: Наука, 1970. – 905 с.
2. Бретшнайдер, С. Свойства газов и жидкостей / Бретшнайдер С. – М. –Л.: Химия, 1966. – 535 с.
3. Бонд Дж., Уотсон К., Уэлч Дж. Физическая теория газовой динамики / Пер. с англ. под ред. Г.А. Тирского. – М.: Мир, 1968. – 556 с.

УДК 614.842.61+614.841.345

Пожарная безопасность. Требования к содержанию огнетушителей

Студент гр. 114321 Летко А.О.
Научный руководитель – Яганова А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Пожарной безопасностью называется такое состояние объекта, при котором с регламентируемой вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Требования к содержанию огнетушителей:

- на каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен быть заведен паспорт. Огнетушителю присваивается порядковый номер, который наносится краской на огнетушитель, записывается в эксплуатационный паспорт огнетушителя и в журналы по техническому обслуживанию огнетушителей;

- переносные огнетушители должны размещаться на расстоянии не менее 1,2 метра от проема двери и на высоте не более 1,5 метров от уровня пола, считая от низа огнетушителя. Допускается установка огнетушителей в тумбах или шкафах, конструкция которых должна позволять визуально определить тип огнетушителя и обеспечить свободный доступ к нему;

- запорная арматура (краны, рычажные клапаны, крышки горловин) огнетушителей должна быть опломбирована. Использованные огнетушители, а также огнетушители с сорванными пломбами должны быть немедленно изъяты для проверки и перезарядки;

- огнетушители, выведенные в время ремонта, испытания или перезарядки из эксплуатации, должны быть заменены резервными огнетушителями с техническими и эксплуатационными характеристиками, не уступающими требованиям нормативных документов.

Для поддержания в постоянной готовности к использованию и надежной работы всех узлов огнетушителя в течение всего срока эксплуатации огнетушители должны подвергаться техническому обслуживанию. Техническое обслуживание включает в себя периодические проверки, осмотры, ремонт, испытания и перезарядку огнетушителей. Периодичность технического обслуживания огнетушителей составляет:

- проверка перед введением огнетушителя в эксплуатацию;
- ежеквартальная проверка;
- ежегодная проверка (вскрытие огнетушителя);
- не реже 1 раза в 6 месяцев вскрытие огнетушителей, эксплуатирующихся в помещениях категории А или при воздействии на огнетушитель других неблагоприятных факторов;
- перезарядка – не реже 1 раза в 5 лет.

О проведенном техническом обслуживании делается отметка в паспорте, на корпусе (с помощью этикетки или бирки) огнетушителя, производится запись в журнале учета огнетушителей и заполняются документы по техническому обслуживанию огнетушителей.

Ежегодное вскрытие огнетушителя и его перезарядка 1 раз в 5 лет может проводиться только специализированными предприятиями (организациями), имеющими лицензию на этот вид деятельности.

УДК 620.9:658.345

Пожарная опасность силовых трансформаторов

Студенты гр. 106321 Злотникова Е.М., Яковчик Е.В.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Размеры пожара в трансформаторах определяются размерами самих трансформаторов. Пожарная нагрузка трансформатора (рассматриваются только масляные трансформаторы) определяется содержащимся в них изоляционным (трансформаторным) маслом. Количество этого масла определяется мощностью трансформатора. Температура воспламенения трансформаторного масла составляет 350 – 400 °С.

Источниками зажигания в масляных трансформаторах и реакторах могут быть КЗ в обмотках, возникающие в результате пробоя изоляции при перенапряжениях (например во время грозы) или в результате старения изоляции, и пробой воздушного пространства порядка 3000 – 4000 °С, вызывает пиролиз изоляционного масла. При значительной продолжительности аварийного режима количество выделившихся газообразных продуктов пиролиза (водорода, метана, этилена и других углеводородов) может быть таким, что внутри бака происходит резкое увеличение давления, следствием которого, как правило, бывает частичная или полная разгерметизация бака. Продукты пиролиза легко воспламеняются. Источником пиролиза может быть и простой открытый огонь, занесенный извне, способный воспламенить газообразные продукты, выделяющиеся из бака в режиме нормальной эксплуатации.

Развитие пожара в трансформаторах на начальной стадии происходит следующим образом. Вначале возникает очаг горения, пламя которого может достигать высотой 4 – 5 м. Если на этой стадии пожар не будет потушен, то происходит разогрев масла, количество выделяющихся газообразных продуктов пиролиза возрастает, масло от нагрева расширяется и начинает вытекать из бака через края, интенсивность горения возрастает. Если горение не прекращается, то возможен выброс масла, и размеры пожара определяются количеством выброшенного масла

Пожарная опасность маломощных трансформаторов, используемых в различных приборах, заключается в возможности их воспламенения в режиме повышенного напряжения и при возникновении в них межвиткового замыкания.

Трансформаторы тока изготавливают на номинальные первичные токи от 5 до 15000 А и номинальный вторичный ток $I_2 = 5$ А. Вторичная обмотка трансформатора надежно заземляется и должна быть замкнута. При разомкнутой вторичной обмотке сердечник трансформатора сильно перегревается, что может привести к порче и воспламенению изоляции вторичной обмотки, а высокое напряжение на ней создает опасность для обслуживающего персонала.

При пожаре в силовых, измерительных маслонаполненных трансформаторах, дугогасящих и шунтирующих реакторах необходимо немедленно отключить их коммутационными аппаратами от шин распределительных устройств. Если не отключились устройства релейной защиты, следует использовать соответствующие выключатели и разъединители, заземлить ошиновку присоединений, отключить системы воздушного и масляного охлаждения вышеуказанного оборудования. При необходимости отключить и заземлить близко расположенные токоведущие части других присоединений.

После снятия напряжения с трансформатора приступают к тушению пожара на нем с использованием распыленной воды, углекислотных огнетушителей, воздушно-механической пены или порошковых огнетушителей.

Для обеспечения правильного тушения трансформаторов необходимо организовать обучение электротехнического персонала правильным действиям.

Для обучения правильным, самостоятельным и быстрым действиям в условиях возможного пожара и взаимодействия с пожарными аварийно-спасательными подразделениями с персоналом проходят специальные противопожарные тренировки.

График и тематика совместных тренировок с участием пожарных аварийно-спасательных подразделений и подразделений аварийно-спасательной службы предприятия составляется на год и утверждается главным инженером территориального управления энергосистемы и начальником территориального органа Министерства по чрезвычайным ситуациям.

В ходе проведения противопожарных тренировок особо должны отрабатываться методы и способы отключения электроустановок, находящихся в зоне условного пожара.

Порядок пожарно-технической подготовки персонала предприятий определяется Инструкцией по тушению пожаров в электроустановках. Подготовка должна проводиться на полигоне с применением тренажеров.

УДК 620.9:658.345

Пожарная опасность электрических кабелей

Студенты гр. 106331 Петриман Л.С., Миренков А.С.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Причинами пожаров в кабелях являются КЗ, перегрузки, неисправности в соединительных муфтах, воспламенение масла от раскаленных частиц и капель металла при выполнении сварочных работ, нарушение правил пожарной безопасности при работе с открытым огнем и различного рода аварий.

Пожары в подвалах, кабельных туннелях, кабельных полуэтажах и других помещениях с ограниченным количеством проемов относятся к наиболее тяжелым и трудным, и ликвидация их нередко длится до 4 – 6 ч и более.

Сосредоточение кабелей снижает надежность системы управления и энергоснабжения в случае пожара и повышает пожарную опасность.

На энергетических предприятиях протяженность кабельных трасс достигает в большинстве случаев нескольких десятков километров. Насыщенность кабельных и других элек-

тротехнических помещений горючими материалами очень высокая. К горючим материалам относятся битумная мастика, масла, сгораемая оболочка кабелей, изоляция жил и другие электротехнические материалы.

В кабельных туннелях и полуэтажах кабели укладывают на специальные металлические конструкции, располагаемые с одной или с двух сторон туннеля. Вертикальное расстояние в свету между горизонтальными конструкциями для силовых кабелей зависит от числа кабелей в ряду и от напряжения. Например, при напряжении до 10 кВ и при числе кабелей в ряду не более четырех это расстояние равняется 200 мм.

Пожарная опасность кабелей обуславливается их горючестью и способностью распространять горение, а в случае кабельных потоков или пучков контрольных кабелей – их пожарной нагрузкой. Горючесть кабеля – это его способность воспламениться и гореть при воздействии внешнего источника зажигания, а распространение горения – это способность кабеля самостоятельно гореть после прекращения действия внешнего источника зажигания. Пожарная нагрузка показывает, какое количество горючих материалов сосредотачивается в единице пучка проводов или кабельного потока, а в случае кабельного тоннеля – на единицу площади тоннеля.

Температурный режим пожаров в подвалах, кабельных туннелях и других помещениях подобного типа несколько ниже, чем в обычных условиях. Это происходит, в основном, вследствие недостаточного притока свежего воздуха в зону горения, что влечет за собой неполноту сгорания, интенсивное дымообразование, сравнительно высокую температуру продуктов горения и т.п.

При пожарах в кабельных помещениях в начальный период происходит медленное развитие горения и только спустя некоторое время скорость его распространения резко увеличивается.

В начале пожара в кабельном помещении его ликвидация не представляет трудностей как для обслуживающего персонала, так и для прибывших к месту вызова пожарных подразделений. Однако, если пожар обнаружен с большим опозданием, его ликвидация сопряжена с большими трудностями из-за сильной задымленности, высокой температуры и стесненных условий, а иногда и высокого напряжения на кабелях.

Горючесть кабелей зависит от пожароопасных свойств материалов, используемых для изготовления материалов.

Зажигание наружных покровов кабелей возможно как от внешних источников зажигания, так и от теплового проявления электрического тока при аварийных режимах. Тепловой импульс при КЗ определяется значением тока и продолжительностью его протекания. При сквозных КЗ воспламенение наружных покровов и изоляции, как правило, не происходит, поскольку температура нагрева токоведущих жил кабелей током КЗ не превышает значений, достаточных для их воспламенения.

Одной из возможных причин зажигания кабелей может быть ток утечки, возникающий при локальных повреждениях изоляции. Сначала в месте повреждения выделяющаяся мощность возрастает, в затем достигнув какого-то максимального значения снижается до нуля. Поскольку, как правило, ток утечки заканчивается током КЗ, то термический эффект усиливается термическим эффектом электрической дуги. Поэтому необходимо использовать для наружных покровов материалы, однако это сопряжено с рядом существенных трудностей и высокой стоимостью.

Для предупреждения распространения пожара в кабельном сооружении должны применяться меры по созданию водяных завес или по вводу пеногенераторов через люки для заполнения объема кабельного помещения воздушно-механической пеной от передвижной пожарной техники с соблюдением требований правил пожарной безопасности.

Студент гр. 113611 Захарова В.Г.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современном мире с быстро изменяющимися условиями жизни человеку приходится приспосабливаться к различным источникам воздействия на него. В том числе к естественному и техногенному источникам ионизирующего излучения. Ионизирующие излучения, происхождение которых связано с естественными радионуклидами, создают естественный радиационный фон, который в свою очередь является неотъемлемым фактором окружающей среды, влияющим на жизнедеятельность человека, как и все вещества окружающей среды, с которыми организм находится в состоянии непрерывного обмена. Безопасным считается уровень радиации до величины, приблизительно 0.5 микрозиверт в час (до 50 микрорентген в час), до 0,2 до 0.2 микрозиверт в час (соответствует значениям до 20 микрорентген в час) – это наиболее безопасный уровень внешнего облучения тела человека, когда «радиационный он в норме». Поглощенная доза облучения накапливается в организме, и за всю жизнь, сумма не должна превышать 100-700 мЗв.

Распад естественных радионуклидов приводит к образованию α -частиц, β -частиц (электронов) и γ -квантов. Пробег α - и β -частиц настолько мал, что они практически полностью поглощаются в биологической ткани толщиной в несколько миллиметров. Поэтому при оценке внешнего воздействия излучения радионуклидов, содержащихся в земной коре, воде и воздухе, принимается во внимание лишь более проникающее γ -излучение, тогда как для внутреннего облучения наиболее существенную роль играют α -частицы, ионизирующая способность которых значительно больше, чем β - и γ -излучений.

Однако, в результате человеческой деятельности радиационное воздействие от естественного излучения может существенно изменяться. Например, в зданиях, построенных из материалов с повышенным содержанием радионуклидов, радиационный фон увеличивается. Аналогичный эффект имеет место при использовании в бытовых целях природного газа, содержащего, как правило, радон. Он имеет свойство скапливаться под землей в больших количествах, на поверхность же он выходит при добыче полезных ископаемых или через трещины в земной коре.

В наружном воздухе его концентрации существенно различаются для различных точек Земного шара. В организм радон поступает при вдохе и вызывает облучение слизистых тканей легких. Большую часть дозы облучения от радона человек получает, находясь в закрытом непрветриваемом помещении, так как он входит в состав строительных материалов. В зонах с благоприятным климатом концентрация радона в закрытых помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе.

Радон не единственное воздействие, которому человек постоянно подвергается в своем доме, есть еще и так называемые «жилищные» канцерогены, которые выделяют материалы из пластика, пеноизоляционные материалы, синтетические обои ковры. Уровень радиоактивности в жилом помещении зависит от строительных материалов: в кирпичном, железобетонном, шлакоблочном доме он в несколько раз выше, чем в деревянном.

Отношение мощности поглощенной дозы в воздухе внутри и вне помещений для каменных зданий равно приблизительно 1,3, а для деревянных зданий - примерно 0,7. С точки зрения радиационной экологии проживание и пребывание людей в деревянных зданиях является предпочтительным. Даже такой предмет обихода как газовая плита привносит в дом не только токсичные газы (оксиды азота, оксид углерода и др., включая канцерогены), но и радиоактивные газы.

Среди предметов широкого потребления встречаются товары, содержащие радионуклиды природного происхождения и являющиеся сравнительно интенсивными источниками ионизирующего излучения. К ним относятся часы со светосостовами на основе радия-226 или содержащие тритий; керамика, фарфоровые, стеклянные изделия, сплавы, содержащие уран или торий; антистатические средства, содержащие полоний (^{210}Po), детекторы дыма, содержащие радий или америций; электронные и электрические приборы, содержащие радиоактивные вещества или испускающие радиационное излучение, которое возникает при торможении электронов.

В качестве защиты или минимальных необходимых мер безопасности в бытовых жилищных условиях: для радона и не только для него, а для большинства изотопов, достаточно регулярно проветривать помещение и концентрация опасного газа уменьшится в несколько раз; сократить время эксплуатации или нахождения рядом с источником излучения;

УДК 614.84.084(476)

Пожарная безопасность при реставрации Дворца Булгака в Жиличах

Студент гр. 111120 Китаев М.И.
Научный руководитель – Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В Республике Беларусь имеются памятники архитектуры, которые были построены в прошлые века и требуют реставрации. Одним из таких является дворец Булгака в Жиличах, который был возведен в 30-е годы XIX века. Исследования показали, что дворцу необходима реставрация: замена сгнивших венцов стен, замена перекрытий и восстановление кровли, расчистка наружных стен от штукатурки.

Согласно Правил пожарной безопасности Республики Беларусь (ППБ 01-2014) изменились требования к эксплуатации этого здания. При разработке проектной документации на реконструкцию и при реставрации здания должны быть соблюдены требования ТКП 45-1.04-206-2010 «Ремонт, реконструкция и реставрация жилых и общественных зданий и сооружений».

В этом техническом нормативно-правовом акте имеются требования по пожарной безопасности при реставрации зданий. Ряд требований пожарной безопасности изложено в Межотраслевых правилах по охране труда при техническом обслуживании и ремонте зданий и сооружений, утвержденных Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 29 декабря 2011 г. № 141, которые также должны быть учтены при реставрации и эксплуатации зданий.

Анализ нормативной документации по пожарной безопасности позволяет сделать следующие выводы при реставрации Дворца в Жиличах.

Эксплуатация здания после реставрации допускается при наличии разрешения органов Государственного пожарного надзора Республики Беларусь.

Помещения театра, музея, картинной галереи, хранилища редких книг и рукописей, экспозиционного зала во дворце должны иметь центральное отопление, противопожарный водопровод, прямую телефонную связь с пожарной частью города или населенного пункта и оборудованы автоматической пожарной сигнализацией с дымовыми извещателями и автоматическими средствами пожаротушения.

Дворцовые проемы в несгораемых стенах хранилищ фондов, реставрационных мастерских и пожароопасных помещениях музеев и картинных галерей должны защищаться самозакрывающимися противопожарными дверями.

Покрытие полов и звукоизоляция с применением синтетики в зданиях музеев, картинных галерей, и непосредственно в самом дворце допускается с использованием только нетоксичных негорючих и труднотгораемых материалов.

Хранилища редких книг и рукописей, картинных галерей должны быть оснащены автоматическими средствами сигнализации и пожаротушения, независимо от наличия разделения на отсеки негорючими перегородками.

В хранилищах музеев и картинных галерей ширина главных проходов должна быть не менее 2,5 м, а расстояние между фондовым оборудованием не менее 0,9 м.

В экспозиционных залах музеев и библиотек все предметы хранения из органических материалов повышенной горючести (сухие растения, газовые ткани, изделия из пуха и т.п.) легко подверженные тлению, должны храниться в застекленных витринах и шкафах.

В хранилищах книжных фондов библиотеки во дворце должны быть обеспечены на безопасном расстоянии проходы между стеллажами: главный проход – 1,2 м, рабочие – 0,75 м, а также боковые обходы между стеной и стеллажами – не менее чем по 0,5 м.

Наружные пожарные лестницы, а также ограждения на крышах комплекса должны содержаться в исправном состоянии.

Соблюдении требований по пожарной безопасности при реставрации и эксплуатации Дворца Булгака в Жиличах позволит защитить от пожаров жизни и здоровье людей, а также национальное достояние Республики Беларусь.

УДК 331.435

Требования техники безопасности при работе на магнито-резонансных томографах (МРТ)

Студент гр. 113711 Шлык В.А.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Перед началом работы необходимо проверить исправность средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения работы, надеть специальную медицинскую одежду, специальную обувь и другие средства индивидуальной защиты.

Перед началом работы с МРТ работник должен:

- проветрить рабочее помещение;
- проверить устойчивость положения оборудования на рабочем столе, правильно и рационально разместить инструменты и материалы, убрать посторонние предметы;
- проверить отсутствие видимых повреждений МРТ их исправность и комплектность;
- исправность и целостность питающих и соединительных кабелей, разъемных и штепсельных соединений, защитного заземления;
- проверить работу вентиляционных систем и систем кондиционирования;
- проверить исправность мебели;
- отрегулировать освещенность на рабочем месте, убедиться в достаточности освещенности.

Перед отпуском процедур медицинская сестра должна свериться с картой назначения больного, предупредить пациента о возможных ощущениях, пояснить меры безопасности. Работу производить в строгой последовательности согласно инструкции МРТ по эксплуатации.

Проверить исправность приточно-вытяжной системы вентиляции и включить ее в работу.

Запрещается приступать к работе при:

- обнаружении неисправности МРТ;
- наличии поврежденных кабелей или проводов, разъемов, штепсельных соединений;

- отсутствии или неисправности защитного заземления оборудования;
- при неработающей системе вентиляции и кондиционирования.

Работники кабинета МРТ должны быть предупреждены о противопоказаниях при работе в кабинетах МРТ. В кабинет МРТ запрещено вносить железные, стальные и другие ферромагнитные материалы (ножницы, ручки, пинцеты, скальпели, кольца и другое). Из кабинета МРТ должны быть удалены все опасные предметы.

Во время работы необходимо, чтобы в кабинетах МРТ должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата:

- температура воздуха в помещении кабинета МРТ для работы (с магнитом) должна находиться в диапазоне от 22 до 26 град.С при относительной влажности 40-60%;
- уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБА;
- регулировка МРТ должна проводиться согласно плану-графику сервисного обслуживания.

При работе с МРТ работникам *запрещается*:

- работать на неисправных МРТ, с неисправными приспособлениями, сигнализацией, изоляцией, проводить какие-либо манипуляции внутри аппаратов;
- работать при отключенных системах вентиляции, водоснабжения, канализации;
- отключать защитные приспособления и устройства, блокировки, сигнализацию и другие предохранительные средства;
- использовать МРТ при открытых защитных средствах (крышках, кожухах);
- подвергать МРТ резким механическим воздействиям;
- прикасаться к оголенным проводам;
- оставлять без присмотра включенные МРТ.

Запрещается принимать пищу на рабочем месте, а также хранить пищевые продукты и домашнюю одежду.

По окончании работы работающий на МРТ должен:

- отключить МРТ через питающий кабель от сети и перевести в режим требований инструкций по эксплуатации;
- убрать инструменты, приспособления и материалы в места их хранения;
- привести в порядок рабочее место;
- снять и убрать в места хранения санитарно-гигиенические средства и средства индивидуальной защиты;
- выключить освещение и вентиляцию;
- сообщить заведующему кабинетом МРТ о недостатках, выявленных при работе аппаратов и других факторах, влияющих на безопасность труда;
- вымыть руки теплой водой с мылом.

В аварийных ситуациях работник на МРТ должен прекратить выполнение работ и обесточить аппараты:

- при обнаружении обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждениях аппаратов;
- в случае короткого замыкания электрооборудования и его возгорания;
- при возникновении пожара или несчастного случая.

При возгорании электропроводки, оборудования и тому подобных происшествиях отключить электропитание и принять меры по ликвидации пожара имеющимися средствами пожаротушения, применяя углекислотные или порошковые огнетушители.

Не направлять в сторону людей струю углекислоты или порошка. При использовании углекислотного огнетушителя во избежание обморожения не брать рукой за раструб огнетушителя.

Применение пенных огнетушителей и воды для тушения электрооборудования находящегося под напряжением не допустимо.

Выключить приточно-вытяжную вентиляцию, немедленно сообщить о пожаре заведующему кабинета МРТ и в пожарную охрану, указав точное место его возникновения, оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны.

При неисправностях систем вентиляции, водоснабжения, канализации, препятствующих выполнению технологических операций, прекратить работу и сообщить об этом заведующему кабинета МРТ.

При несчастном случае на производстве необходимо:

- быстро принять меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказанию потерпевшему первой помощи, вызову на место происшествия скорой медицинской помощи;

- сообщить о происшествии заведующему кабинета МРТ или ответственному (должностному) лицу, обеспечить до начала расследования сохранность обстановки, если это не представляет опасности для жизни и здоровья людей.

УДК 621.74:628.517

Освещенность рабочих мест литейных цехов

Студент гр. 104310 Заяц И.А.

Научный руководитель – Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

Исследование естественного освещения участков литейных цехов показало, что коэффициент естественного освещения не соответствует нормированным значениям практически на всех участках цехов. Такое положение создается за счет того, что остекления боковых окон и светоаэрационных фонарей сильно загрязнены и не подвергаются чистке в установленные сроки. Часто часть площади оконных проемов закрыты эстакадами, технологическим оборудованием.

В табл. 1 приведены результаты исследований искусственного освещения рабочих мест литейных цехов. Сравнение фактической освещенности рабочих мест с нормативной показало недостаточность в системе искусственного освещения практически на всех участках литейных цехов. При изучении причин выявлено, что не все лампы работают (перегоревшие лампы длительное время не заменяются), установленные сроки чистки светильников не соблюдаются. Это приводит к значительному снижению освещенности рабочих мест.

Такое неблагоприятное положение в литейных цехах серийного и мелкосерийного производств в сравнении с цехами массового производства объясняется тем, что в данных цехах невысокий уровень механизации и автоматизации, а на каждом участке необходимо использовать грузоподъемные механизмы, такие как мостовой кран.

Использование же мостовых кранов приводит к размещению светильников общей системы освещения на большой высоте (8-15 м от пола цеха), что значительно затрудняет оперативную замену перегоревших ламп, чистку и мойку светильников. А это существенно снижает световой поток от светильника и не обеспечивает требуемой освещенности.

Гистограммы распределения искусственного освещения по уровням (ступеням) до и после чистки, мойки светильников и замены перегоревших ламп показали, что до проведения профилактических мероприятий освещенность соответствовала нормам только на 12,5% рабочих мест литейных цехов массового, 2,4% – серийного и в 9,8% цехе мелкосерийного про-

изводства. Несколько лучшее положение с освещением отмечается в литейных цехах массового и мелкосерийного производств, технологические процессы и оборудование которых позволяет размещать светильники на меньшей высоте в связи с отсутствием на большинстве участков мостовых кранов, а также использованием в светильниках дуговых ртутных высокого давления ламп большой мощности (ДРЛ).

Исследования, проведенные нами в ряде литейных цехов, показали, что плановые чистки и мойки светильников и замена перегоревших ламп увеличивают освещенность рабочих мест в 2-3 раза (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты исследований освещенности рабочих мест литейных цехов

Участок цеха	Фактическая освещенность, лк		Нормируемая освещенности, лк
	до профилактики	после профилактики	
Шихтовый	30-45	60-90	100
Смесеприготовительный	35-80	80-120	200
Стержневой	60-135	115-170	300
Формовочный	40-75	100-140	200
Плавильно-заливочный	50-95	120-180	200
Выбивной	35-85	85-140	200
Обрубочно-очистной	60-110	130-190	200
Цветного литья	90-110	125-155	200
Литья гильз	65-90	130-200	200

После осуществления профилактических мероприятий освещенность соответствовала нормам на 45,4% рабочих мест литейных цехов массового, 15,6% – серийного и 29,5% рабочих мест цеха мелкосерийного производства. Как видно из приведенных данных, профилактика систем освещения играет большую роль и дает ощутимые результаты, причем на большинстве рабочих мест литейных цехов освещенность составляет 100 лк. Однако этого недостаточно для выполнения многих работ.

На более чем половине рабочих мест освещенность недостаточна, особенно это отмечается в литейных цехах серийного производства, где профилактические мероприятия практически не дают эффекта. Такое неблагоприятное положение с освещением рабочих мест литейных цехов показало необходимость оценки существующих систем искусственного освещения, для чего были проведены расчеты по разработанным программам с использованием ЭВМ. В программах заложены светотехнические данные по 63 типам светильников с лампами накаливания (ЛН), дуговыми ртутными высокого давления (ДРЛ), металлогалогенными (МГЛ), натриевыми высокого давления (НЛВД) и люминесцентными лампами (ЛЛ), используемых в настоящее время или рекомендуемых для условий конкретных литейных цехов. При подборе типов светильников было учтено также, что участки литейных цехов располагаются в высоких одно- или двухэтажных зданиях, оборудованных мостовыми кранами или тельферами, и вследствие этого для систем общего освещения следует использовать в основном источники с большой единичной мощностью и различными кривыми силы света светильников типа К – концентрированная, Г – глубокая и Д – косинусная.

Расчеты требуемой мощности ламп в светильниках, используемых на различных участках литейных цехов показали, что в большинстве случаев в цехах предусмотрены типы светильников, уступающие по своим светотехническим характеристикам рекомендуемым и заведомо неспособные решить задачу создания необходимых зрительных условий труда работающих.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных по участкам литейных цехов с разным характером производства свидетельствует, что разработанные программы позволяют определить наиболее оптимальные характеристики светильников для условий проектируе-

мых или реконструируемых производств, оценить возможности систем искусственного освещения в действующих цехах и внести коррективы при их несоответствии.

Анализ результатов исследований освещения действующих литейных цехов показал, что действующие системы искусственного освещения не отвечают предъявляемым к ним требованиям по созданию зрительных условий труда и не позволяют получить требуемую освещенность на большинстве рабочих мест литейных цехов. Поэтому необходимо определять оптимальные варианты осветительных установок с использованием ламп типа ДРЛ и МГЛ на стадии проектирования или реконструкции, а также для действующих литейных цехов; следует строго выполнять рекомендуемые сроки проведения профилактических мероприятий, что позволит создавать требуемые зрительные условия труда литейщиков или значительно улучшить их.

УДК 331.433

Техника безопасности при выполнении работ с электрошкафом СНОЛ-3,5.3,5.3,5/3,5-III

Студент гр. 113711 Латушко Т.С.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

К эксплуатации электрошкафа (рисунок 1) допускается персонал, обученный правилам техники безопасности при работе с электрошкафом и ознакомленный с конструкцией, устройством, монтажом и правилами эксплуатации.



Рисунок 1 – Электрошкаф СНОЛ-3,5

Электрошкаф должен быть установлен в помещении с вытяжной вентиляцией. При работе с веществами, насыщенными примесями вредных для обслуживающего персонала паров и газов, электрошкаф необходимо установить под вытяжным зонтом.

Для подключения электрошкафа необходимо использовать розетку имеющую заземляющий контакт.

Перед началом работы надо убедиться в полной исправности сушильного шкафа правильности подключения к сети и контуру заземления.

Перед началом работы надеть положенную по нормам спецодежду и привести её в порядок: застегнуть все пуговицы или заправить так, чтобы не было развешивающихся концов, волосы убрать под головной убор. Не закалывать одежду булавками, иголками, не держать в карманах одежды острые, бьющиеся предметы. Одежда должна быть сухой.

Также перед началом и в процессе работы периодически следует проверять наружным осмотром исправность электропроводки (целостность изоляции и отсутствие допустимых

для прикосновения открытых токоведущих частей), надёжность защитного заземления производственного оборудования (отсутствие обрывов, прочность контактов).

Работающий электроприборами обязан следить за отсутствием пыли, загрязнения на электроприборах, выполнять требования производственной санитарии.

Работник может отказаться от выполнения порученной работы в случаях возникновения непосредственной опасности для жизни и здоровья его и окружающих до устранения этой опасности и не предоставления ему средств индивидуальной защиты, непосредственно обеспечивающих безопасность труда.

При нарушении нормальной работы сушильного шкафа необходимо отсоединить его от сети и принять меры по устранению неисправностей.

После работы с электрошкафом требуется рабочему отключить установку от сети в порядке, предусмотренном инструкцией по эксплуатации, провести очистку установки от загрязнения, пыли и обо всех обнаруженных недостатках известить начальника ОТК.

При возникновении ситуаций, которые могут привести к аварии или травме, а также при обнаружении опасности, угрожающей людям, оборудованию и имуществу необходимо прекратить работу; выключить используемое оборудование, вентиляцию и сообщить начальнику ОТК.

В случае возникновения пожара или возгорания требуется немедленно сообщить начальнику ОТК, указав, что и где горит; принять меры по обеспечению безопасности и эвакуации людей; приступить к тушению с помощью имеющихся первичных средств пожаротушения; на период тушения пожара работник должен обеспечить охрану с целью исключения хищения материальных ценностей.

При возникновении несчастного случая (травмы) на производстве необходимо быстро принять меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего (действия электрического тока, сдавливающих тяжестей, механизмов и т.д.), оказать необходимую доврачебную помощь пострадавшему, сообщить о случившемся начальнику ОТК, при необходимости обратиться в медпункт, рабочее место сохранить без изменений на момент получения травмы, если это не угрожает окружающим и не приведет к аварии.

При получении травмы по пути на работу или с работы пострадавший или очевидец должен сообщить об этом начальнику ОТК.

УДК 796.02-049.5

Техника безопасности при эксплуатации спортивных сооружений

Студент гр. 119821 Бокая Я.Э.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Эксплуатация зданий и сооружений осуществляется в целях обеспечения их эксплуатационной надежности в течение всего периода использования по назначению.

Здания должны эксплуатироваться в предусмотренных проектной документацией пределах нагрузок, параметров микроклимата помещений (температуры, влажности, скорости движения воздуха) и чистоты воздуха в помещениях.

Здания или их элементы в процессе должны:

- обеспечивать безопасность для жизни и здоровья людей, сохранность имущества;
- соответствовать требованиям проектной и нормативно-технической документации по надежности, прочности, долговечности, устойчивости, деформативности;
- быть доступными и безопасными для осуществления всех видов осмотров, технического обслуживания и ремонта;

- обладать ремонтпригодностью;
- отвечать предъявляемым проектной документацией санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям для находящихся в них людей и для окружающих объектов и территорий;
- соответствовать требованиям нормативно-технических документов системы противопожарного нормирования и стандартизации;
- быть снабжены проектной, исполнительной и эксплуатационной документацией.

Контроль за техническим состоянием зданий должен осуществляться путем проведения плановых и внеплановых (внеочередных) технических осмотров.

Плановые осмотры зданий подразделяются на общие и частичные. При общих осмотрах контролируют техническое состояние здания в целом, его инженерных систем и внешнего благоустройства; при частичных – техническое состояние отдельных конструкций и инженерных систем.

Общие осмотры проводят 2 раза в год – весной и осенью – по утвержденному графику. Весенние осмотры проводят после окончания таяния снега, когда кровли, конструкции зданий и прилегающая к ним территория доступны для осмотра. Осенние осмотры проводят до наступления отопительного сезона в целях проверки подготовки зданий к работе в зимних условиях.

Частичные осмотры должны проводиться в зависимости от конструктивных особенностей здания и технического состояния его элементов работниками службы технической эксплуатации, но не реже 1 раза в год.

Внеплановые (внеочередные) осмотры проводятся:

- после ливней, ураганных ветров, обильных снегопадов, наводнений и других явлений стихийного характера, пожаров, создающих угрозу повреждений строительных конструкций и инженерных систем;
- при выявлении дефектов, деформаций конструкций и повреждений инженерного оборудования, нарушающих условия нормальной эксплуатации зданий.

Администрация спортивного сооружения обязана:

- не допускать перегрузки мест занятий, строго соблюдать установленные гигиенические нормы площади на 1 занимающегося;
- исключить возможность потока встречного движения на катках, велотреках, беговых дорожках и т. д., установив одностороннее движение; категорически запрещать метания, прыжки с вышки одновременно нескольким спортсменам. Не допускать занятий нескольких групп в одном зале, на одном поле, площадках по различным видам спорта, особенно связанными с быстрым передвижением людей или спортивных снарядов;
- оградить от зрителей места занятий и соревнований барьером, перед городками, сетками или канатами (особенно места метаний, старта и финиша лыжных и велосипедных гонок, места трасс, проходящих через населенные пункты, и т. п.);
- принимать соответствующие профилактические меры, не допуская плохого состояния мест занятий и соревнований, (неровностей на поле, площадках, жесткости покрытия площадок, трещин на льду, разбитой лыжни, выбоин или трещин на полотне трека, оголения от снега горнолыжных трасс или горы разгона лыжного трамплина и т. п.); удалить или обезопасить все близко расположенные опасные предметы (столбы, скамейки, батареи, посторонние снаряды и уборочный инвентарь); обеспечить естественное или искусственное освещение соответственно санитарным нормам освещенности спортивных сооружений;

- не реже одного раза в квартал, проводить осмотр и проверку инвентаря и снарядов, обращая особое внимание на их исправность в местах соединений или креплений (винты, растяжки, крюки и пр.), а также на появление на металлических частях ржавчины, зазубрин и трещин на деревянных деталях, ослабления гнезд в местах креплений шурупов и винтов.

Особо обращать внимание на снаряды, несущие большие динамические нагрузки (гимнастические кольца, перекладины, батуты, доски на трамплинах для прыжков в воду и т. п.). При проверке составлять акты и вести учет осмотров. Администрация спортивного сооружения обязана перед соревнованиями участвовать в проверке оборудования и инвентаря вместе с врачом и представителем судейской коллегии. Оборудование и инвентарь должны соответствовать отраслевым стандартам и техническим условиям на спортивные изделия.

Для защиты строительных конструкций здания от воздействия климатических факторов (дождь, снег, переменный режим увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания) необходимо:

- содержать в исправном состоянии покрытия кровель, гидроизолирующие покрытия, защитно-отделочные покрытия (штукатурку, облицовку, лакокрасочные и другие покрытия);
- содержать в исправном состоянии все устройства для отвода атмосферных и талых вод;
- своевременно удалять снег с покрытий зданий;
- не допускать скопления снега у стен зданий;
- содержать в исправном состоянии ограждающие конструкции и конструктивные элементы зданий: стены, покрытия, заполнения проемов;
- предохранять на зиму от промерзания фундаменты мелкого заложения, каналы, трубопроводы и проводить мероприятия против промерзания и выпучивания грунтов оснований.

УДК 693.6

Требования безопасности при выполнении штукатурных работ

Студент гр. 11201312 Будилович Е.Н.
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При выполнении штукатурных работ, разумеется, необходимо соблюдать правила техники безопасности. Начинаящий непрофессиональный штукатур должен выучить наизусть эти правила и предостережения, чтобы не допускать ошибок и уберечь себя и окружающих от получения опасных травм. В этой статье мы собрали наиболее актуальные и важные советы для штукатурных работ, проводимых ручным способом.

В первую очередь позаботьтесь о защитной амуниции:

- спецодежда должна быть удобной и немаркой: действовать с комфортом вам помогут комбинезон, куртка с брюками или рабочий халат;
- защитные очки избавят вас от попадания раствора в глаза при вибрации армирующей сетки.
- раствор с добавлением алюмината натрия требует обязательного использования очков, резиновых сапог, перчаток и фартука.
- нежелательно соприкосновение с кожей щелочных веществ (к ним относятся цемент и известь) – используйте резиновые перчатки и очки. При попадании раствора на открытые части тела, сразу же смойте состав водой с мылом.

- работая с известью, являющейся крайне едким материалом, намажьте кожу рук вазелином.

При работе соблюдайте правила техники безопасности.

Прежде чем начинать оштукатуривание, удалите из поверхностей все гвозди, чтобы избежать повреждения рук при разглаживании раствора.

Строго следуйте правилам хранения и использования материалов, употребляемых для приготовления штукатурных растворов. Особенно важно соблюдать инструкции, применяя вредные для человеческого организма вещества, такие как: известняк, гипс, известь-пушонка, хлорная известь, кремнефтористый цемент, поташ, алюминат натрия, хлорид кальция, хлорид натрия, хлорированная и аммиачная вода, соляная кислота и т.д.

Держите при себе необходимые препараты для оказания первой, в том числе и нейтрализующие составы 1%-ного раствора уксусной кислоты или 0,5%-ного раствора двууглекислой соды.

При работе с сухой смесью, старайтесь не допускать ее попадания в дыхательные органы и глаза.

Содержите в порядке и чистоте рабочий инструмент. Убедитесь, что ручки штукатурных инструментов являются гладкими и прочно зафиксированными. Ни в коем случае не используйте инструмент, «потерявший» рукоять.

Для наружного оштукатуривания используйте леса и подмости (деревянный настил на опорах), для внутреннего – те же подмости или передвижные столики. Следите за надежностью опор вспомогательных конструкций.

Не стоит наносить штукатурный раствор, стоя на неустойчивой опоре вроде настила, устроенного на бочках и кирпичках, или уложенных на козлы досок.

Для выполнения небольших штукатурных работ разрешается применять лестницы-стремянки. Убедитесь, что нижняя часть лестницы надежно укреплена во избежание сдвига.

Нагрузка на настилы не должна быть чрезмерной: не загромождайте настил всеми имеющимися материалами и инструментами. Передвигая тяжелый груз, делайте это медленно и плавно, оберегая поверхности от ударов.

При условии необходимости искусственной сушки штукатурки (в помещениях, где невозможно использовать систему центрального отопления), расположите в комнате электрические воздухонагреватели или газовые калориферы. Последние не стоит оставлять без присмотра, когда они находятся в рабочем режиме.

Во время искусственной сушки не находитесь в помещении более 3 часов.

Помните о том, что вода отлично проводит электричество не прикасайтесь мокрыми руками к выключателям, розеткам, включенным электроприборам.

УДК 631.158:658.34

Условия труда электротехнического персонала

Студенты гр. 106311 Гусаковский И.А., Ковалев М.П.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Трудовая деятельность электротехнического персонала протекает в неблагоприятных условиях. При этом оборудование, обслуживаемое персоналом, является источником опасных и вредных производственных факторов: шум, вибрация, дискомфортный микроклимат из-за повышенной и пониженной температуры и влажности воздуха; запыленность и загазованность воздушной среды, ЭМП, ЭСП и т.д.

Условия труда как часть окружающей человека внешней среды складываются из санитарно-гигиенических факторов и факторов, связанных с трудовой деятельностью (психо-

физиологические факторы: неудобная рабочая поза, нервно-эмоциональное напряжение, напряжение внимания и т.д.), которые принято называть вредными и опасными факторами. Как известно, опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающих в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающих в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

В сельскохозяйственном производстве имеют место опасные и вредные факторы, которые подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Сельскохозяйственное производство имеет ряд специфических сложностей, вызванных рассредоточенностью объектов на значительной территории (работающие на полях машинно-тракторные агрегаты, бригады, фермы, ремонтные мастерские и другие объекты в различных населенных пунктах одного хозяйства), сезонностью выполнения работ с пиковыми нагрузками (сев, уборка в сжатые сроки), многоплановостью производства (земледелие, животноводство, средства механизации, электрификации и другие отрасли). Это затрудняет контроль за соблюдением работающими мер безопасности, накладывает свой отпечаток на организацию охраны труда, в частности, при планировании комплекса трудоохранных мероприятий и формирования безопасных условий труда, поскольку они влияют на работоспособность и здоровье человека.

К физическим факторам в сельскохозяйственном производстве относятся мобильные машины и механизмы; разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся карьеры; передвигающиеся изделия, части производственного оборудования; повышенные или пониженные температуры поверхностей оборудования, воздух рабочей зоны и его загазованность ли пыленность; повышенные уровни вибрации, шума, ультразвука, ионизирующих и электромагнитных излучений, инфразвуковых колебаний, напряжений в электроцепи, напряженности электрического и магнитного поля, инфракрасного и ультрафиолетового излучения; изменение барометрического давления; недостаточную освещенность, влажность, подвижность и ионизацию воздуха; острые кромки, заусенцы на поверхности оборудования, заготовок, инструментов; расположение рабочего места на высоте.

От общего количества производственных несчастных случаев в сельском хозяйстве на растениеводство приходится до 25 %. При этом статистика свидетельствует, что наиболее часто страдают трактористы и водители автомобилей. Большое количество несчастных случаев происходит при сцепке и расцепке трактора с сельскохозяйственной машиной (наезд на сцепщика); при запуске двигателя с включенной передачей, при трамбовке силоса, отдыхе в зоне работающих машин, маневрировании техники на рабочих площадках, в узких проходах, тамбурах; при выполнении ремонтных работ с включенным двигателем и незаторможенным трактором или прицепом (наезд на исполнителя работ при самопроизвольном движении техники под уклон, самовключении передачи); при попытке вскочить на ходу в тракторную тележку, кузов автомобиля, в других случаях.

До 20 % несчастных случаев со смертельным исходом связано с опрокидыванием тракторов, прицепов, комбайнов, другой сельскохозяйственной техники. Травмы происходят при смятии кабины из-за ее недостаточной жесткости и при попадании людей под опрокинутые машины.

Часто причинами несчастных случаев являются захваты одежды открытыми передачами, особенно карданными валами машин, регулировка, устранение неисправностей на ходу, а также обслуживание механизмов без рукавиц или без специальных приспособлений. Имеют место порезы рук о режущие аппараты косилок, диски борон, сошники; захват конечностей ремнями и другими передачами, выгрузными шнеками, высеивающими аппаратами сеялок, измельчающими барабанами.

Многих травм удалось бы избежать, если бы подвижные детали и механизмы были надежно закрыты кожухами, ограждениями. Последние разрушаются в процессе эксплуата-

ции, иногда их снимают механизаторы, в ряде случаев – преднамеренно из-за их технического несовершенства (мешают или делают невозможным обслуживание машин, имеют высокую трудоемкость монтажа и демонтажа, генерируют шум, забиваются зеленой массой и т.п.).

Типичны травмы, связанные с падением работающих с высоты: из кузовов транспортных средств, тракторных прицепов и саней, при выходе из кабины (из-за эргономического несовершенства подножек, поручней), со стогов, скирд (при их укладке или разборке, иногда по причине столкновения погрузчиком), с подножек сеялок, рассадопосадочных машин, рабочих площадок картофелеуборочных комбайнов и других машин (скользящая опорная поверхность, отсутствие поручней, спинок и т.д.), с крыш, лестниц, а также с рам и других конструкций комбайнов, стогометателей, погрузчиков, сельскохозяйственных орудий, не предназначенных для пребывания там людей.

Среди других несчастных случаев распространены: придавливание ног сницей прицепа при сцепке (расцепке) сельскохозяйственных машин и орудий с трактором, ожоги при открывании крышки радиатора водяного охлаждения двигателя, заваливание зерном в бункерах - накопителя, удары разорвавшимся продуктом, травмирование бортом кузова при его открытии и закрытии, заваливание землей в траншеях, придавливание упавшим грузом, опускающимся самосвальным кузовом автомобиля, тракторной тележки или сельскохозяйственным орудием при работе под ним, травмирование неисправными инструментами.

В особую группу по тяжести исхода выделяют травмы, нанесенные электрическим током. Электротравмы происходят при касании высокогабаритной техникой линий электропередачи, повреждении изоляции электрифицированных машин, обслуживаемых человеком, недопустимом приближении к открытым токоведущим элементам и в других случаях.

УДК 331.436

Техника безопасности при выполнении работ с лампами ртутными сверхвысокого давления с шаровой колбой типа ДРШ

Студент гр. 113711 Красовская И.А.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Перед включением необходимо осмотреть лампу ДРШ (рисунок 1), убедиться в целостности лампы и защитного кожуха.



Рисунок 1 – Ртутная лампа с шаровой колбой типа ДРШ.

Необходимо проверить правильность подключения лампы, а также наличие и целостность контура заземления.

В случае неисправности оборудования, приборов, приспособлений, инструмента, ограждений, местной вытяжной вентиляции, освещения, выключить электрооборудование, отключить приборы, немедленно поставить в известность начальника лаборатории для вызова ремонтной службы. До устранения неисправности к работе не приступать.

При работе лампы ДРШ запрещается смотреть на лампу без защитного кожуха, трогать работающую лампу и кожух руками во избежание ожогов, а также необходимо строго

придерживаться инструкции по эксплуатации лампы ДРШ во избежание аварийных ситуаций. По окончании работы выключить лампу согласно инструкции по эксплуатации, привести в порядок рабочее место, снять халат и СИЗ (средства индивидуальной защиты) и убрать в место для хранения, вымыть лицо и руки.

Обо всех недостатках, обнаруженных во время работы, сообщить начальнику лаборатории.

При возникновении ситуаций, которые могут привести к аварии или травме, а также при обнаружении опасности, угрожающей людям, оборудованию и имуществу необходимо прекратить работу; выключить используемое оборудование, вентиляцию и сообщить мастеру.

В случае возникновения пожара или возгорания накрыть лампу и блок асбестовой тканью; немедленно сообщить мастеру, указав, что и где горит; принять меры по обеспечению безопасности и эвакуации людей. Приступить к тушению с помощью имеющихся первичных средств пожаротушения. На период тушения пожара работник должен обеспечить охрану с целью исключения хищения материальных ценностей.

В случае возникновения короткого замыкания или отключения электроэнергии необходимо отключить лампу и поставить в известность начальника лаборатории.

При взрыве лампы (в случае боя лампы) необходимо обесточить лампу и поставить в известность начальника лаборатории для вызова ремонтной службы. Начальнику лаборатории необходимо собрать ртуть резиновой грушей, место, где разбилась лампа, промыть 1% раствором марганцевокислого калия. Отходы собрать в металлическую емкость и передать для захоронения. Средства индивидуальной защиты: халат, резиновые перчатки, респиратор, защитные очки.

При возникновении несчастного случая (травмы) на производстве необходимо быстро принять меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего (действия электрического тока, сдавливающих тяжестей, механизмов и т.д.); оказать необходимую доврачебную помощь пострадавшему; сообщить о случившемся мастеру; при необходимости обратиться в медпункт.

При авариях или несчастных случаях на производстве следует сохранить до начала расследования рабочее место и обстановку без изменений на момент получения травмы, если это не угрожает окружающим и не приведет к аварии.

При получении травмы по пути на работу или с работы пострадавший или очевидец должен сообщить об этом мастеру.

Работник обязан знать номера телефонов и другие средства экстренной связи, уметь ими пользоваться и в случае возникновения аварийных ситуаций (несчастного случая, возгорания, пожара, взрыва, стихийного бедствия и др.) при необходимости вызвать:

- подразделение по чрезвычайным ситуациям – по телефону "101";
- милиции – "102";
- скорой медицинской помощи – "103".

УДК 535.316/.317

Техника безопасности при тонком шлифовании и полировании линз

Студент гр. 113111 Рыжков С.А.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Работа в шлифовальных цехах производства оптического стекла требует точного соблюдения правил безопасности и применения защитных средств.

Прежде всего необходимо защищать глаза и руки от ранения осколками стекла. Для этого применяют защитные очки из плексигласа и резиновые перчатки.

При расточке, сверлении и фрезеровании необходимо закреплять стеклянные блоки так, чтобы они смогли проворачиваться и освобождаться. При резании стекла в керосиновой среде надо принимать все меры предосторожности против воспламенения паров керосина и для защиты дыхательных путей и кожи. Пары керосина следует отсасывать вытяжным устройством, кожу смазывать соответствующими жирами и мазями.

Травление фтористоводородной кислотой или иными веществами следует производить в вытяжном шкафу с сильной вытяжкой, руки и лицо защищать от брызг и паров.

Полировочная паста. Работа с полировальной пастой может вызывать раздражение глаз, кожи, органов дыхания. Избегать попадания в глаза, продолжительного попадания на кожу и продолжительного вдыхания паров. Использовать только в хорошо проветриваемых помещениях. В случае попадания в глаза, немедленно промыть глаза проточной водой и обратиться к врачу. При попадании на кожу обмыть пораженные участки водой с мылом. При попадании внутрь не провоцировать рвоту: немедленно обратиться к врачу.

УДК 331.464

Факторы, вызывающие несчастные случаи. Причины несчастных случаев

Студенты гр. 114341 Анацкий О.И., Пшенник Д.Ю.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Воздействие на человека опасных производственных факторов приводит к травмам и несчастным случаям. Несчастный случай – непредвиденное событие, неожиданное стечение обстоятельств, повлекшее телесное повреждение или смерть. Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

Несчастливым случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы. Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют травмой. В зависимости от травмирующего фактора травмы разделяются на: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Установление причин несчастных случаев, травм является наиболее сложным и ответственным этапом. Каждый несчастный случай является результатом взаимодействия нескольких причин. В этом заключается принцип многопричинности несчастных случаев, который имеет принципиальное значение для расследования. Всю совокупность причин, которые приводят к несчастным случаям, можно условно разделить на несколько групп: организационные, технические, технологические, санитарно-гигиенические, личностные. В каждом несчастном случае могут быть причины, относящиеся к указанным группам.

Организационные причины целиком зависят от уровня организации труда на предприятии. К ним относятся: недостатки в содержании территории, проездов, проходов; нарушение правил эксплуатации оборудования, транспортных средств, инструмента; недостатки в организации рабочих мест; нарушение технологического регламента и т.п.

Технические причины, не зависящие от уровня организации труда на предприятии, включают: несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки оборудования, приспособлений, инструментов; недостаточную механизацию тяжелых работ, несо-

вершенство ограждений, предохранительных устройств, средств сигнализации и блокировок; прочностные дефекты материалов и т.п.

К технологическим причинам относятся: нарушение технологического процесса, отсутствие или недостаточная механизация трудоемких процессов, неправильное обслуживание оборудования, приборов, неправильное обслуживание животных, неправильная эксплуатация транспортных средств.

Санитарно-гигиенические причины включают несоответствие условий труда санитарным нормам, строительным нормам и правилам, повышенное содержание в воздухе рабочих зон вредных веществ; недостаточное или нерациональное освещение; повышенные уровни шума, вибрации и т.п.

Личностные (психофизиологические) причины заключаются в физических и нервно-психических перегрузках работающего. Человек может совершать ошибочные действия из-за утомления, вызванного большими физическими (статическими или динамическими) перегрузками, монотонностью труда, стрессовыми ситуациями, болезненным состоянием. К травме может привести несоответствие анатомо-физиологических и психических особенностей организма характеру выполняемой работы.

По времени проявления отрицательных последствий опасности делятся на импульсивные и кумулятивные. По локализации: связанные с литосферой, гидросферой, атмосферой, космосом. По вызываемым последствиям: утомление, заболевания, травмы, аварии, пожары, летальные исходы и т.д. По характеру воздействия на человека опасности можно разделить на активные и пассивные.

Таким образом, результатом воздействия опасные и вредных факторов на человека и природную среду является неуклонный рост травматизма, числа и тяжести заболеваний, количества аварий и катастроф, увеличение материального ущерба. Оценочные данные свидетельствуют о том, что ежегодно в мире на производстве погибают около 200 тысяч человек и получают травмы 120 миллионов человек. Следует отметить, что в настоящее время растет число чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Крупнейшими авариями техногенного характера современности являются: авария на Чернобыльской АЭС, авария на Саяно-Шушенской ГЭС.

УДК 69:658.274

Циркулярная пила с системой SawStop

Студент гр. 112012-12 Тимошевич Б.С.

Научный руководитель – Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Всем известно, что циркулярная пила очень травмоопасный станок. Эта пила без проблем разрезает как кусок дерева, так и мясо на кости. Ежегодно от циркулярной пилы травмируются порядка шестидесяти тысяч человек и три тысячи из них остаются без пальцев, в это порядка дести человек в день.

Юрист Стив Гасса, а по совместительству плотник-любитель, из США решил создать безопасную пилу.

Две недели ушло у Стива Гасса на проектирование данного инструмента и еще одна неделя на постройку данного устройства, в основу которого была положена обычная циркулярная пила. После многочисленных испытаний, где вместо пальцев использовалась сосиска, Стив решил провести испытание с использованием настоящего пальца. И вот, поднеся палец к диску пилы, он дотронулся до режущей кромки и диск мгновенно остановился, оставив на его пальце лишь незначительную царапину.

Впервые данный прототип был продемонстрирован в августе 2000 года на Международной выставке-ярмарке деревообрабатывающего оборудования и мебели.

В июле 2001 технология SawStop была награждена благодарностью комиссией США по безопасности рабочего оборудования за «разработку инновационных технологий безопасности для силовых пил».

В июне 2006 года комиссия США по безопасности рабочего оборудования рекомендовало правительству США приступить к разработке нормативных документов, которые сделали бы обязательным использование данной технологии во всех циркулярных пилах.

Суть изобретения сводится к тому, что на диск циркулярной пилы подается слабый электрический ток, а к двигателю пилы подключен микропроцессор, который следит за изменениями параметров этого электрического тока. Когда диска пилы касается какой-либо проводник (будь то рука, нога или сосиска), параметры этого электрического тока изменяются и тут же срабатывает защита: диск пилы убирается и тормозит благодаря стальной детали, которая выстреливает прямо во вращающийся диск, в результате чего он застревает в данной металлической детали. На это уходит менее тысячной секунды. Да, этого достаточно, чтобы слегка царапнуть палец, но палец остается на месте.

Ограничения:

1. Тормозная система может активироваться при резке влажной древесины (т.к. вода в древесине также изменяет параметры проходящего через вращающийся диск тока). Поэтому рекомендуется использовать при обработке сухой древесины.
2. Для использования подходит только диск и режущая кромка, которые хорошо проводят электрический ток.
3. Ограничение по толщине обрабатываемого элемента (при большой толщине обрабатываемого элемента требуется большая сила для убирания режущего диска).

Недостатки:

1. Не доказана долговечность работы данной тормозной системы.
2. При срабатывании тормозной системы, режущий диск частично выходит из строя и дальнейшее его использование невозможно, что требует затрат на новый диск.
3. При срабатывании тормозной системы возможны скрытые повреждения всего механизма пилы, что может впоследствии вывести пилу из строя и нанести вред здоровью оператора.
4. Высокая стоимость. Цена с системой SawStop минимум на 25 процентов выше, чем у аналогичной пилы без данной системы.

Деревообрабатывающее пильное оборудование SawStop значительно уменьшает вероятность серьезных травм. Не так давно именно пилы SawStop стали главным безопасным средством для школ, подрядных компаний, столярных мастерских, мебельных фабрик и бесчисленных домашних мастеров. К настоящему времени уже целый ряд страховых компаний скорректировал свои нормативы в сторону меньшего риска под впечатлением работы настольных дисковых пил, оснащенных системой безопасности SawStop. Данная система также имеет и свои недостатки, связанные, прежде всего, с экономической составляющей, однако здоровье человека должно все же являться приоритетной составляющей при работе с циркулярными пилами.

Химические технологии

Студентка гр. 10405114 Позняк О.А.
Научный руководитель – Яглов В.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время существует широкий спектр технологических приемов, позволяющих целенаправленно регулировать структуру, а, следовательно, и свойства цементных композитов, одним из которых является активация воды затворения. Работы многочисленных авторов в этом направлении позволяют утверждать, что при использовании активированной воды достоверно возрастает прочность бетонных изделий, значительно снижается их газопроницаемость, улучшается пластичность и удобоукладываемость бетонной смеси.

Однако, несмотря на перспективность данного направления, на сегодняшний день оно не получило широкого развития в технологии бетонов. Одной из главных причин чего является плохая воспроизводимость результатов, получаемых с помощью выпускавшихся до недавнего времени стандартных аппаратов для активации воды.

В настоящее время эта проблема может быть решена за счет применения современных аппаратов, позволяющих получать активированную воду с определенными параметрами и контролировать процесс активации. Таким образом, разработки по технологии получения композиционных материалов на основе цементных связующих с применением активированной воды затворения, направленные на повышение качества отечественных строительных материалов и их конкурентоспособности, являются современными и актуальными, так как позволяют повысить прочность изделий и снижает их пористость.

Необходимо подчеркнуть, что не всегда первостепенную роль играет структура «чистой» воды. В реальных условиях так называемой «чистой» воды не существует, так как в ней всегда присутствуют различные примеси, существенно влияющие на характер межмолекулярного взаимодействия. Поэтому приходится иметь дело с водными растворами, характер взаимодействия в которых значительно усложняется различными типами взаимодействия между компонентами раствора. Но на фоне всего многообразия межмолекулярных сил, возникающих в водном растворе, собственная структура воды всё же играет существенную роль.

Структурная модель воды, формируемая совершенными тетраэдрическими фрагментами из пяти молекул с образованием ветвящихся кластеров, позволяет объяснить многие ее аномальные свойства, а также возможность изменять их путем внешнего воздействия.

В настоящее время разрабатываются и апробируются различные методы воздействия на воду затворения для изменения ее собственной структуры и свойств. Такие виды воздействия можно условно разделить на несколько групп: физическое (безреагентное), химическое (реагентное) и их сочетание электрохимическое.

Необходимо отметить, что в данном случае под физическим и химическим модифицированием понимается направленное регулирование параметров цементных систем, происходящее на стадии взаимодействия цемента с водой. При этом модифицированная вода обладает большей активностью вследствие изменения ионного состава, влияющего на величину рН, удельную электрическую проводимость и другие параметры. Это позволяет направленно воздействовать на процессы, происходящие в цементных системах.

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, которое характеризуется аномальными значениями физико-химических параметров, в том числе окислительно-восстановительного потенциала, связанного с активностью электронов в воде, электропроводности, рН и других параметров.

Самопроизвольно изменяясь во времени, возмущенные предшествующим внешним воздействием параметры и свойства воды, постепенно достигают равновесных значений в результате релаксации.

Процесс получения электрохимически активированной воды и растворов относится к крайне неравновесным и является объектом изучения интенсивно развивающейся новой области химии - синергетики в химических процессах и химической технологии. Если в традиционной прикладной электрохимии основной задачей является поиск параметров оптимального приближения электрохимического процесса к равновесным условиям, то для электрохимической активации важным является определение параметров оптимального удаления от условий равновесного протекания электрохимических реакций.

Электрохимическая активация как технология – это получение и последующее использование электрохимически активированной воды в различных технологических процессах в качестве реагента или реакционной среды с целью управления сложными физико-химическими реакциями, экономии энергии, времени и материалов, повышения качества конечного продукта.

Термин "вода" в приложении к процессам электрохимической активации, обозначает разбавленный водный раствор электролитов простого или сложного состава с общей концентрацией от нескольких миллиграммов до нескольких граммов в одном литре. Эффекты электрохимической активации ярко проявляются для водных растворов, концентрация электролитов в которых меньше 0,1 моль/л и существенно ослабевают в растворах, концентрация электролитов в которых больше 0,1 моль/л.

Действие физических факторов при электрохимической активации сводится к следующему:

Электрическое поле: мощно генерирует образование центров микрокристаллизации, подщелачивает воду, вызывает значительные химические процессы с выделением из растворов карбонатов кальция, бикарбоната магния, железа и др., электрические процессы протекают с поглощением растворенного кислорода (деаэрактор не нужен); интенсифицирует процессы коагуляции взвешенных частиц, продляет «время жизни», или «магнитную память» воды до 10 суток минимум.

Магнитное поле (поперечно-продольное): усиливает микрокристаллизацию, дегазирует воду, увеличивает и ускоряет растворяющие, смачивающие, адсорбирующие и коагуляционные свойства активированной воды на длительный срок; предотвращает образование накипи и коррозии, пассивацию и водородную поляризацию электродов.

Важнейшим условием эффективной обработки (активации) воды для различных целей является также оперативный контроль за качеством активации.

УДК 546.824-31

Влияние степени очистки воды на образование и устойчивость гидрозоля диоксида титана

Студент гр. 10405114 Миронович А.Ю.

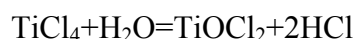
Научный руководитель – Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Диоксид титана TiO_2 является интересным объектом исследования в связи с его многочисленными полезными свойствами. Наряду с традиционными областями применения, к которым можно отнести его использование в качестве белого пигмента в лакокрасочной промышленности, диоксид титана с успехом используется в косметической и фармакологической практике. Во всех областях применения не последним фактором является его безвредность и химическая инертность.

Интерес к диоксиду титана со временем только возрастает в связи с его уникальными фотокаталитическими свойствами, которые проявляет нанокристаллический TiO_2 . Его активность как полупроводникового фотохимического катализатора в отношении деградации различных органических соединений была использована для создания самоочищающихся покрытий. Диоксид титана применяется как фотокатализатор в промышленных и бытовых установках очистки воздуха, сточных и загрязненных вод, очистки жидкостей и газов.

Для получения нанокристаллических оксидных материалов широко применяются методы с использованием минимальных температур и невысокого давления. К таким методам относятся, в частности, гидротермальный и гидротермально-микроволновой синтез, а также методы осаждения из растворов, в том числе получение зольей при водном гидролизе. Диоксид титана, также как и оксиды алюминия, циркония и иттрия можно получать гидролизом их хлоридов и гипохлоритов, причем разные условия гидролиза приводят к разным промежуточным продуктам. Так, проводя водный гидролиз тетрахлорида титана при комнатной температуре, получают хлорид титанила TiOCl_2 по реакции:



Гидратированный диоксид титана образуется, если проводить гидролиз тетрахлорида титана при нагревании. Порошок диоксида титана получают обычно прокаливанием гидрозоля. Гидрозоль $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в зависимости от условий получения может содержать переменные количества связанных с титаном гидроксильных групп OH , структурную воду, кислотные остатки и адсорбированные катионы.

В последнее время все чаще диоксид титана получают гидролизом алкоголятов титана. Гидролиз органических титансодержащих соединений проходит спокойно с получением более чистого продукта.

Гидрозоль диоксида титана получали по разработанному нами ранее модифицированному золь-гель методу. По литературным данным, тетрахлорид титана способен подвергаться алкоголизу при контакте со спиртами. Это позволило нам заменить алкоголь титана раствором тетрахлорида титана, растворенного в спирте.

В качестве растворителя был использован изобутиловый спирт. Объемное соотношение тетрахлорида титана и изобутанола 1:4. Водный гидролиз тетрахлорида титана осуществляли прибавлением его спиртового раствора к воде, нагретой до $70-80^\circ\text{C}$. Количество добавленного спиртового раствора рассчитывали таким образом, чтобы концентрации образующего диоксида титана изменялись в диапазоне от $6,3 \cdot 10^{-4}$ до $4,8 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$.

Ранее нами было показано, что время появления видимых признаков образования коллоидного раствора в виде опалесценции зависело от начальной концентрации титансодержащего соединения, то есть наблюдался некоторый инкубационный период, после которого образование золя становилось заметным визуально. Кроме того, устойчивость гидрозоля также была связана с концентрацией тетрахлорида титана. Устойчивый на протяжении года гидрозоль образовывался при концентрации диоксида титана $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$.

Нами была изучена зависимость инкубационного периода от чистоты, используемой для гидролиза воды. Для этого в одном из опытов использовалась дистиллированная, в другом – бидистиллированная вода. Показано, что при одной и той же концентрации TiO_2 , равной $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль \cdot л $^{-1}$ время появления опалесценции было различным. Опалесценция появлялась на 11-й день от момента внесения спиртового раствора тетрахлорида титана в дистиллированную воду, и на 45-й день в случае использования для проведения гидролиза бидистиллированной воды. Это свидетельствует о том, что примеси, находящиеся в дистиллированной воде могут служить центрами кристаллизации для гидрозоля, и таким образом ускорять процесс образования гидрозоля.

Механоактивация материалов для строительства

Студент гр. 10402114 Крук Д.С.

Научный руководитель – Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в промышленности в основном используется гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и ангидрит (CaSO_4). Причем подавляющая часть гипса и ангидрита используется в качестве сырья для производства гипсовых вяжущих материалов (строительного гипса) и добавок в различные виды цементов.

Новым направлением повышения эффективности применения гипса и его смесей является активация полупродуктов гипсовых смесей.

При механохимической активации смешанного гипса промежуточное активное состояние наступает при мгновенном перераспределении механической энергии удара в макромолекулах.

Активные молекулы гипса возникают при разрушении молекулярных упаковок на участках дефектов и разрыхлителей при декомпенсации межмолекулярных сил. Процесс сопровождается изменением прочности, водогипсового отношения и других свойств смешанного гипса.

Использование составов на основе гипсовых вяжущих обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих. В первую очередь это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, хорошая огнестойкость.

Сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента.

Применение в составах сухих строительных смесей наиболее доступного гипсового вяжущего $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ограничено.

В основном это связано с тем, что составы имеют низкую водостойкость и невысокие прочностные характеристики. Как правило, коэффициент размягчения для таких составов не превышает 0,4, а прочность при сжатии 4 – 6 Мпа.

Одним из путей практического решения проблем прочности и водостойкости бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих является применение механоактивированных премиксов, то есть комплексной добавки, посаженной предварительной на часть гипса или цемента. Гипсовые вяжущие на основе $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ в сочетании с механоактивированными премиксами позволяют получить сухие строительные смеси для устройства гипсбетонных полов, а также мелкозернистые бетоны и поробетоны для несущих и ограждающих конструкций плотностью 400 – 1800 кг/м³ и прочностью при сжатии свыше 20 Мпа.

Целесообразно использовать смеси порошков полуводного гипса и доменного шлака, особенно кислого, в соотношении 1:0,5 – 1:4 (по массе) и 3-5% извести.

Правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей также способствует снижению пористости затвердевшего раствора. Более плотная структура материала достигается при использовании механоактивированных премиксов с суперпластификаторами и пеногасителями, а использование гидрофобизирующих добавок и редиспергируемых порошков сополимеров винилацетата и акрилата препятствует распространению воды через поры.

Для снижения растворимости гипса используются добавки, при взаимодействии с которыми образуются соединения с более низкой растворимостью, чем у двуводного гипса. В качестве таких добавок можно применять вещества, имеющие общий ион с сульфатом кальция. Возможно, также использование гидравлических вяжущих совместно с активными ми-

неральными добавками. При правильном проектировании состава удастся существенно повысить водостойкость материалов и довести коэффициент размягчения до 0,4-0,6.

Несомненный интерес представляет механохимическая технология получения цветных гипсов. Сначала дробленый гипсовый камень слегка орошается водой, затем раздавливается, измельчается и окрашивается кислотостойкими пигментами. Кристаллическая природа гипса сохраняется в любых размерах частиц и играет роль каркаса в получаемых пигментах.

На второй стадии порошкообразную смесь строительного полуводного белого или серого гипса с пигментом подвергают механоактивации и получают цветной строительный гипс высокого качества. Данная технология позволяет производить цветные гипсы любого заданного цвета и открыть новую страницу в декоративной отделке фасадов и интерьеров зданий.

УДК 546.28

Синтез и свойства цементов на основе высокодисперсного нитрида кремния и ортофосфорной кислоты

Студенты гр. 10405114 Скируха А.С., гр. 101610 Шевченко А.А.
Научный руководитель – Медведев Д.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что ультрадисперсные системы могут служить основой при создании паст для неразъемных соединений разнородных материалов, а также при разработке композиционных материалов с повышенными физико-механическими свойствами.

Последнее объясняется резким снижением энергии активации процессов, обуславливающих твердение систем при относительно невысоких (20 – 200°C) температурах термообработки.

В работе проведены исследования по разработке антикоррозионных термостойких материалов фосфатного твердения с целью использования их в качестве клеев, обладающих высокими диэлектрическими свойствами, а также защитных покрытий.

Выбор ортофосфорной кислоты обусловлен способностью последней образовывать клейкие и вязкие (вследствие образования водородных связей), растворы, на основе которых при введении в состав наполнителей получают твердеющие массы, стойкие при нагревании до высоких температур.

Вязущие свойства цементных композиций исследовали на образцах пластичного формования в зависимости от концентрации ортофосфорной кислоты, соотношения твердого и жидкого компонентов и температуры термообработки.

Экспериментально было установлено, что лучшие по прочности образцы образуются при затворении 60-80%-ными кислотами. Поэтому в дальнейшем исследования проводили с концентрированными растворами H_3PO_4 .

Определены оптимальные условия получения кремнийфосфатных цементов. Установлено, что использование дисперсного Si_3N_4 приводит с одной стороны к некоторому снижению прочностных свойств цементов, а с другой – к резкому возрастанию адгезионных свойств вследствие значительного снижения соотношения Т:Ж.

Физико-химическими методами исследования установлено, что взаимодействие Si_3N_4 с ортофосфорной кислотой является сложным процессом в результате чего образуются кислые фосфаты кремния общей формулы $xP_2O_5 \cdot ySiO_2 \cdot nH_2O$. В ИК спектре образцов фиксируются полосы поглощения в области 1176 и 1030 cm^{-1} характерные для связи P-O-P и полоса при 1098 cm^{-1} соответствующая связи P-O-Si. Причем одним из основных факторов влияю-

щих на кристаллохимические и химические свойства продуктов реакции является температура обработки.

Показано, что клеявые и диэлектрические свойства цементов при увеличении температуры термообработки с 20 до 400°C резко возрастает.

Образцы хотя и уступают по показателю диэлектрическим свойствам индивидуально-го нитрида кремния, но имеют перед ним весьма важное преимущество – обеспечивают стабильные диэлектрические свойства с большим числом склеиваемых материалов.

Установлено не только обеспечивают высокую прочность клеявого соединения в исходном состоянии, но и сохраняет прочностные показатели в процессе эксплуатации при повышенных температурах, демонстрируя тем самым стойкость соединений к термической и термоокислительной деструкции.

УДК 621.762

Использование нанодисперсного порошка оксида кремния в бетоне

Студент гр.10403114 Полуян А.В.

Научный руководитель – Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Бетон нового поколения или нанобетон с прочностью 120 – 140 МПа может быть получен при использовании микродобавок SiO₂, обладающих высоким пластифицирующим действием и химическим взаимодействием с портландитом.

Все исследования высокодисперсных SiO₂, проведенные в бетонах старого поколения, не могут дать сколько-нибудь заметного эффекта из-за наличия в этих бетонах большого количества макро- и микродефектов, а также гидроксида кальция Ca(OH)₂. Содержание последнего в бетоне в зависимости от количества C₃S и C₂S и основности образующихся гидросиликатов может варьировать от 25 до 30% от массы цемента.

Наибольшее количество извести выделяет при гидратации и гидролизе алита (3CaO·SiO₂). Процесс образования гидросиликатов кальция с основностью равный 1,5 протекает по реакции $2C_3S + 6H_2O = C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2$

При использовании рядового портландцемента с содержанием алита 60%, количество образовавшегося портландита составит 23,6%. Так как в цементе содержится также белит (β-2CaOSiO₂), то при содержании его в количестве 20% и гидролизе по реакции $2C_2S + 4H_2O = C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2$ выделяется дополнительно 4,3% Ca(OH)₂, а общее содержание портландита составит 27,9%.

Если исходить из возможной реакции портландита и чистой кремнеземосодержащей добавки $2Ca(OH)_2 + 2SiO_2 = C_3S_2H_3$, то соотношение Ca(OH)₂/SiO₂ должно составлять 1,23:1 для образования гидросиликатов кальция с основностью 1,5.

Таким образом, доля микрокремнезема в цементе должна составлять не менее 22. Как известно гидроксид кальция ухудшает водостойкость, коррозионную стойкость бетона. Никакие фуллерены, фуллероиды и астралены, взятые в ничтожном количестве 1 – 10 г/т бетонной смеси, не свяжут 20 – 30% Ca(OH)₂ в дополнительное цементирующее соединение. Малые дозы фуллерена не избавят также от существенного избытка воды затворения, а следовательно, и от существенной капиллярной пористости, пониженной коррозионной стойкости и трещиностойкости.

Концепция получения нового бетона основана на существенном изменении его состава и рецептуры.

Для получения образцов использовали ПЦ 500 Д-0, песок M_к = 0,9 – 1,1, суперпластификатор – С-3, наноSiO₂ – агломерированный и механоактивированный и вода. Из вышеуказанных материалов формовали балочки 4 x 4 x 16 см.

Составы образцов и их прочностные характеристики представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Составы и прочностные характеристики образцов с добавкой наноSiO_2 агломерированной

$m_{\text{пес}}, \text{Г}$	$m_{\text{цемент}}, \text{Г}$	$V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{см}^3$	$m_{\text{C}_3}, \text{Г}$	$m_{\text{SiO}_2\text{агломер}}, \text{Г}$	$\sigma_{\text{изг}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{сж}}, \text{МПа}$	Сроки твердения (сут.)
1500	500	200	1,5	-	5,88	21,08	7
1500	500	200	1,5	1	6,77	23,8	
1500	500	200	1,5	-	6,7	27,25	14
1500	500	200	1,5	1	7,19	28,0	
1500	500	200	1,5	-	8,09	30,25	28
1500	500	200	1,5	1	8,7	29,75	

Таблица 2 – Составы и прочностные характеристики образцов с добавкой наноSiO_2 механоактивированной

$m_{\text{пес}}, \text{Г}$	$m_{\text{цемент}}, \text{Г}$	$V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{см}^2$	$m_{\text{C}_3}, \text{Г}$	$m_{\text{SiO}_2\text{мха}}, \text{Г}$	$\sigma_{\text{изг}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{сж}}, \text{МПа}$	Сроки твердения (сут.)
1500	500	200	1,5	-	5,70	21,08	7
1500	500	200	1,5	1	6,77	25,45	
1500	500	200	1,5	-	6,7	27,25	14
1500	500	200	1,5	1	6,82	33,5	
1500	500	200	1,5	-	8,09	30,25	28
1500	500	200	1,5	1	8,3	36,25	

Как следует из данных, приведенных в таблицах 1 и 2 значительного увеличения прочностных свойств не наблюдается, хотя некоторое их возрастание имеет место.

Поэтому необходимо разработать способы введения и равномерного распределения наночастиц в объеме цементной матрицы путем использования разбавленных водой суспензий с привлечением гидродинамического ультразвукового диспергатора либо предварительной обработки поверхности наночастиц эффективным ПАВ в присутствии цементного раствора.

Так же необходимо заменить часть крупного песка на мелкий для повышения концентрации твердой фазы в бетоне и увеличения водоредуцирующего эффекта.

Для увеличения базы необходимо осуществлять микро- и макроармирование структуры бетона путем получения игольчатых кристаллов в процессе твердения и введением углеродных или металлических нитей в структуру бетона.

УДК 621.74; 699.13

Легирование чугуна путем использования отработанных катализаторов нефтехимического производства с низким содержанием никеля

Студентка гр. 10405114 Самусева А.И.
 Научный руководитель – Проворова И.Б.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В настоящее время для легирования железоуглеродистых сплавов в Республике Беларусь используется до 200 тонн никеля ежемесячно. С целью экономии валютных средств разработаны технологии легирования чугуна никелем путем использования в составе шихты

никельсодержащих отработанных катализаторов с высоким и средним содержанием оксида никеля. Однако ежегодного накопления таких катализаторов недостаточно для удовлетворения нужд заводов РБ.

На нефтегазоперерабатывающих заводах республики образуется около 200 тонн отработанных катализаторов с низким содержанием (до 20%) NiO.

Сложность извлечения никеля из отработанных катализаторов с низким содержанием оксида никеля с целью легирования заключается в том, что в состав катализатора в качестве основы (до 80%) входит тугоплавкий (2300⁰С) оксид алюминия. В процессе легирования через шлаковую фазу с целью снижения температуры плавления до 1500⁰С необходимо добавить такое же количество CaO и SiO₂, что приведет к образованию большого количества шлака и затруднит ведение плавки. Поэтому, для использования таких катализаторов необходимо предварительно проводить обогащение с целью получения никелевого концентрата.

Наиболее рациональным является метод, основанный на известном способе производства алюминия на базе бокситов. Данный способ предусматривает выщелачивание Al₂O₃ в автоклавах при температуре в 150-200⁰С и при повышенном давлении.

На имеющемся в ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» автоклаве проведены эксперименты по изучению возможности обогащения никелем отработанного катализатора путем выщелачивания Al₂O₃.

Размолотый отработанный катализатор, содержащий CaO-10%, NiO- 18%, Al₂O₃-70-72% смешивали со щелочью (NaOH) в пропорции 1/1, прокаливали при температуре 400⁰С, заливали водой в объёмном соотношении 1:4 и помещали в автоклав, после чего в автоклаве смесь нагревали до 125⁰С под давлением 2 атмосферы. Время выдержки изменяли от 1 часа до 4 часов. После выдержки в горячем состоянии пульпу фильтровали и промывали горячей водой на фильтре. Осадок высушивали и прокаливали при температуре 400⁰С с целью удаления воды. Химический анализ осадка приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический анализ осадка

Химические элементы	O	Ni	Al	Ca	C	Fe	Na
Содержание (% по массе)	36	26,3	22	7,7	5	1,25	1,07

Химический анализ указывает на то, что в результате произошло удаление большей части Al₂O₃. Принимая во внимание первоначальный химический анализ отработанного катализатора и массу исходной навески, можно вычислить количество никеля в исходном катализаторе. Сопоставив массу и химический анализ осадка, установили, что массовое количество никеля не изменилось в процессе обработки. Для уменьшения количества получаемых отходов и удешевления процесса выщелачивания никеля, был проведен эксперимент по осаждению Al(OH)₃ из отфильтрованной жидкости. Для этого в жидкость в качестве затравки вводили порошок Al(OH)₃ в количестве 1% по массе от массы раствора. После фильтрации осадка гидроксида алюминия и его прокалки при температуре 400⁰С был проведен его химический анализ. Результаты химического анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический анализ осадка

Элемент	O	Al	Na	Si	Ca
Содержание (% по массе)	остальное	36,00	1,00	0,48	0,39

Химический анализ показал, что основным соединением осадка является Al₂O₃. Таким образом, можно решить две задачи: возврат щелочного раствора на выщелачивание отработанного катализатора и получение Al₂O₃ промышленной чистоты.

Для проверки возможности легирования чугуна смесью на основе обогащенного отработанного катализатора проведен следующий эксперимент: 100 г полученного после автоклавирования осадка смешивали со 100 г ваграночного шлака и 10 г молотого углеродного боя. Полученной смесью подшихтовывали 1,5 кг лома серого чугуна и помещали тигель в

печь, разогретую до 1450°C. После расплавления и выдержки расплава в печи в течение 30 минут тигель доставали из печи и после охлаждения проводили химический анализ. Химический состав слитка приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав слитка

Химические элементы	Ni	C	Si	Mn	P	S	Fe
Содержание (% по массе)	2,78	3,2	2	0,51	0,2	0,13	остальное

Эксперимент показал высокую (свыше 90%) степень усвоения никеля и возможность использования легирующей смеси на основе отработанных никельсодержащих катализаторов для нужд литейных цехов РБ.

Серия описанных выше экспериментов подтвердила техническую целесообразность обогащения отработанных никелевых катализаторов с целью их дальнейшего использования в качестве никелевых концентратов для легирования литейных сплавов.

УДК 666.189

Получение техногенного теплоизоляционного материала на основе фторосодержащих отходов производства стеклоизделий

Студентка гр. 104140 Заноско О.А.

Научный руководитель – Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В связи с ростом малоэтажного строительства в Республике Беларусь повысился интерес к производству композиционных материалов на основе древесных частиц и минеральных вяжущих, а в связи с необходимостью экономии тепловой энергии возросло внимание к теплоизоляционным материалам. Основные требования, предъявляемые к современным теплоизоляционным материалам, – низкая стоимость, экологичность, высокие показатели био- и огнестойкости, низкая теплопроводность, технологичность.

Существует большое количество хорошо известных теплоизоляционных материалов, т.е. материалов с пониженной плотностью и теплопроводностью, которые получают на основе древесных частиц и минерального вяжущего: арболит, дуризол, цементно-стружечные плиты и т.п.

Основным недостатком этих плит можно считать избирательный подход к исходному древесному сырью: при использовании в качестве наполнителя древесных частиц лиственных пород происходит образование цементных ядов, что существенно сказывается на качестве получаемого материала и ограничивает применение в качестве заполнителя древесины лиственных пород. С этой точки зрения достаточный интерес для производства композитов представляет жидкое стекло. Оно является хорошим вяжущим, которое можно использовать практически с любыми наполнителями. Если учесть, что при это не выделяются токсичные вещества, а сам материал становится биостойким и негорючим, то использование такого вяжущего в композиционных материалах становится перспективным.

К недостаткам жидкого стекла следует отнести низкую водостойкость, которую можно повысить путём модифицирования. На кафедре технологии деревообрабатывающих производств БГТУ совместно с сотрудниками кафедры химии БНТУ разработан состав древесно-клеевой композиции и получены опытные образцы теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и модификатора. За основу была принята технология получения арболита теплоизоляционного назначения (ГОСТ 19222).

В качестве древесного наполнителя использовали опилки смешанных пород от лесопильной рамы фракцией 5/2 и влажностью 10±2%. В качестве вяжущего использовали моди-

фицированное жидкое стекло с плотностью 1450 кг/м^3 и модулем 3,21. Плотность получаемых образцов составила 360 кг/м^3 . Твердение образцов при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ начиналось через 45 мин с момента введения в опилки вяжущего, а через 4 часа после приготовления теплоизоляционный материал набирал достаточную прочность, позволяющую извлекать его из формы. Полученный материал выдерживался при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ течении 6 суток для окончательного твердения. Конечная влажность образцов составила 9,5%. Сравнение основных показателей качества разработанного теплоизоляционного материала и традиционно получаемого композиционного материала аналогичного назначения на древесной основе – арболита показало, что разработанный материал по специальным свойствам превосходит последний.

Плотность композита ниже плотности арболита на 33%, но полученный материал не уступает арболиту по показателю предела прочности при сжатии. Показатель влагопоглощения ниже показателя влагопоглощения арболита в 10 раз. В настоящее время большое внимание уделяется разработкам, направленным на снижение пожарной опасности материалов. Испытания по определению огнестойкости теплоизоляционного материала проводили в соответствии с ГОСТ 16363. Полученный теплоизоляционный материал относится к первой группе огнезащитной эффективности (потеря массы менее 9%). Одним из основных недостатков древесины, а так же материалов, полученных на ее основе – это подверженность гниению и разрушению насекомыми.

Процесс разрушения древесины под влиянием дереворазрушающих грибов является процессом биологическим. Если в результате эксплуатации создаются условия, неблагоприятные для древесины, ее биологическое разрушение может протекать очень быстро. С целью определения сопротивляемости теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла поражению грибами были проведены исследования по определению его биостойкости.

Контрольными служили образцы из древесностружечной плиты на основе карбамидоформальдегидной смолы и образцы древесины берёзы.

В качестве культуры гриба, по отношению к которому определялась биостойкость образцов, использовался пленчатый домовый гриб *Coniofora cerebella*, один из наиболее агрессивных и опасных домашних грибов.

**Молодёжные
инновационные
проекты.
Организация
и управление
инновационными
предприятиями
при университетах**

Измерения механических напряжений в ультразвуковых волноводных системах с использованием инновационной разработки: датчиков на основе эффекта Виллари

Аспирант Богданчук К.А.

Научные руководители – Степаненко Д.А., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Доля высокоточного производства от общего объема производства возрастает с каждым годом. В результате этого постоянно растут требования к качеству контроля параметров изделий. Измерение параметров ультразвуковых колебаний, в частности, амплитуды механических напряжений, является актуальной практической проблемой в связи с широким применением ультразвука в технике и медицине. В настоящее время существует ряд бесконтактных датчиков для измерения параметров колебаний ультразвуковых волноводных систем: волоконно-оптические датчики, лазерные доплеровские виброметры (ЛДВ), индуктивные и индукционные датчики. Прямое измерение амплитуды ультразвуковых колебаний может осуществляться с помощью микроскопа и применяется для калибровки указанных датчиков. Недостатками волоконно-оптических датчиков и ЛДВ являются высокая стоимость и сложность конструкции и обработки сигналов. Наиболее простыми по своей конструкции являются индуктивные и индукционные датчики. В качестве разновидности индукционных датчиков могут рассматриваться датчики на основе эффекта Виллари. Этот эффект, также называемый обратным магнитострикционным эффектом, состоит в изменении намагниченности ферромагнитных материалов при воздействии механических напряжений. В случае воздействия на материал переменных напряжений в материале будет возникать переменное магнитное поле.

Повышение локальности измерений с помощью индукционных датчиков на основе эффекта Виллари может быть достигнуто за счет использования плоских индукционных катушек. В связи с этим были разработаны и изготовлены три конструктивных варианта датчиков с плоскими индукционными катушками, в двух из которых катушка формируется путем спиральной намотки проволочного проводника, а в третьем – путем электрохимического травления тонкого слоя проводящего материала. Фотографии внешнего вида разработанных датчиков приведены на рисунке 1.

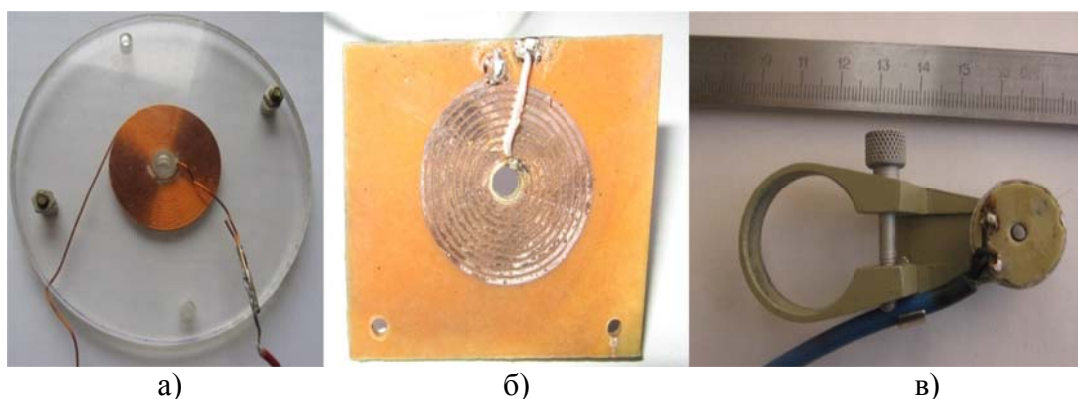


Рисунок 1 – Внешний вид датчиков на основе эффекта Виллари
а) датчик с проволочной катушкой; б) датчик с фольговой катушкой;
в) датчик с проволочной катушкой с усилителем

Помимо контроля механических напряжений в ультразвуковых волноводных системах разработанные датчики могут найти ряд других практически полезных применений,

например, могут использоваться для измерения скорости звука (и связанного с ней модуля упругости). При этом могут использоваться как схема, основанная на возбуждении в образце стоячих ультразвуковых волн, так и возбуждение в образце импульсных (ударных) волн.

УДК 334.02

Стартап - это возможность изменить мир

Студентка гр.10507114 Волкова А.Р.
Научный руководитель - Гмырак В.Н.
Белорусский национальный технический университет,
Государственное предприятие
«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»
г. Минск

У каждого из нас есть собственная мечта, которую хочется преобразовать в дело всей жизни, приносящее определенные дивиденды. Наверняка, у многих уже есть идеи, планы или же проекты, которые ждут реализации. И если Вы молоды, полных свежих взглядов на вещи, целеустремленны, хотите начать свое дело, то эта статья обязательна к прочтению именно Вами!

Стартап или стартап-компания (от англ. start-up – запускать) – компания с короткой историей операционной деятельности. Как правило, такие компании созданы недавно и находятся в стадии развития или исследования перспективных рынков.

Примеры всемирно известных стартапов:

- Самая большая интернет-энциклопедия – Википедия. Число статей на этом ресурсе невозможно подсчитать, так как их количество ежедневно растет.

- YouTube – самая крупная база видеороликов.

- Flickr – один из самых популярных сервисов для хранения фотографий.

- Twitter – платформа созданная Джеком Дорси для обмена короткими сообщениями.

Многие ошибочно называют стартапом результат разработки или «сырой продукт». Правильно же стартапом называть фирму, которая осуществляет эту разработку и выпускает этот продукт (предоставляет услуги).

Другие классические примеры успешных стартапов: Microsoft (основатели – Билл Гейтс и Пол Аллен), Apple Computer inc. (основатели Стив Джобс и Стив Возняк) и Google (основатели – Лэрри Пэйдж и Сергей Брин).

Основным ресурсом для создания нового стартапа служит хорошая новаторская идея. Также успеху стартапов способствует молодость стартаперов (средний возраст стартапера по статистике – двадцать пять лет), их увлеченность идеей и делом, ну и конечно упорный труд. Для стартапа важна хорошая команда для разработки стратегии, в управлении и выходе на всевозможные рынки.

Также важную роль в развитии стартапа играют деньги. Одним из самых продуктивных методов поиска инвесторов для своего проекта является «Networking» – участие в отраслевых форумах и конференциях, в конкурсах стартапов и мероприятиях по венчурному инвестированию, в которых принимают участие большое количество компаний, желающих получить финансирование, так и потенциальные инвесторы. Привлечь инвестора для стартап компании может помочь публикация объявлений на соответствующих форумах и сайтах. Также существуют биржи стартапов и организации, финансирующие стартапы.

Стадии развития стартапов:

- Стадия стартапа – Pre-startup: временной период, длящийся от момента зарождения идеи до выхода товара на рынок.

- Стадия стартапа – Pre-seed: стадия, когда уже есть идея и четкое понимание что именно надо покупателям, однако еще нет ясного представления о том, как эту идею лучше реализовывать технически и как ее следует продвигать, чтобы она приносила деньги, или же есть, но только в самом общем виде.
- Стадия стартапа – Seed: посевная стадия, на этапе которой изучается рынок, составляется план стартапа, составляется и выполняется техническое задание, создается и тестируется прототип, идет поиск первых инвесторов и подготовка к пуску проекта.
- Прототип: создание технического задания и проектировка интерфейсов.
- Работающий прототип: создание продукта или проекта с самыми основными функциями.
- Альфа-версия продукта или проекта: продукт (проект) уже готов, но еще не протестирован. В процессе опробования и испытаний, в интерфейс вносятся некоторые мелкие коррективы, которые не были учтены при разработке и создании технического задания. Начинаются вестись переговоры с первыми клиентами.
- Закрытая бета-версия продукта или проекта: продукт (проект) уже имеет вид, близкий к тому, каким его задумывали стартаперы, у проекта (продукта) появляется небольшое количество пользователей, приглашенных основателями стартапа для того, чтобы опробовать сервис и сообщить о недоработках и возможных улучшениях.
- Публичная бета-версия продукта или проекта: ведется умеренно активное привлечение пользователей, осознавших для себя необходимость в тех услугах, которые предлагает проект, либо пользователей самых любопытных, которые постоянно находятся в поиске чего-то нового. Часто публичная бета-версия происходит путем распространения ограниченного количества приглашений (инвайтов). Также заключаются договора с первыми клиентами.
- Запуск товара (проекта) в производство или использование
- Startup стадия: решающая стадия для любого проекта – ранняя и поздняя startup стадия – стадия запуска и первоначальный период его работы.
- Стадия роста: стартап занимает на рынке устойчивое положение и уверенно движется к завоеванию ниши, которая была намечена на стадии написания бизнес-плана;
- Стадия расширения: стартап уже выполнил либо приблизился к выполнению бизнес-плана на первичном целевом рынке, и начинает увеличивать границы за счет завоевания других рынков. Расширять бизнес компания может как единолично, так и за счет покупки других предприятий.
- Стадия выхода: Под выходом в первую очередь понимается выход из бизнеса (частично либо полностью) бизнес-ангелов и венчурных инвесторов, ранее принимавших участие в финансировании стартапа. Выход может происходить через продажу фирмы стратегическим инвесторам, через размещение акций компании на бирже (выход на IPO) и через частное размещение (продажа акций предприятия фондам прямых инвестиций). Венчурные фонды финансируют перспективные стартапы которые на начальной стадии роста, как правило, всегда демонстрируют стремительный рост, а к стадии выхода рост стартапа замедляется по сравнению с предыдущими стадиями, хотя сам бизнес становится более стабильным. Также одним из вариантов «выхода» и стартаперов и инвесторов может быть прекращение бизнеса и банкротство предприятия.

Необязательно, что каждый успешный стартап проходит все вышеперечисленные стадии, бывает, что некоторые из них он просто «перескакивает», но более подробное описание гораздо лучше, чем упрощенное, так как оно дает лучшее понимание того, как развивается стартап компания.

Стартап – это не только возможность открыть свою компанию с минимальными вложениями и начать работать на себя, избавившись от повседневной рутины. Это не только

возможность неограниченного роста компании и ее дохода. Это возможность изменить мир, как это сделали Google и Facebook, Twitter и Skype.

УДК 334.784

Особенности оценки эффективности некоммерческих проектов

Аспирант Журкевич М.В.

Научный руководитель – Алексеев Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Методология оценки инвестиций в проекты за последнее десятилетие получила большое развитие. Существует множество способов сравнения полученного дохода от вложенных средств, при различных формах полученной выгоды. За последние годы специалисты и эксперты настолько привыкли к установившимся показателям оценки эффективности проектов, что потеряли их экономический смысл и увязку с самой сущностью проектов.

Проектные технологии в последнее время стали востребованы и некоммерческими организациями, так как являются для них одним из основных механизмов финансирования деятельности по некоммерческим проектам.

Однако организации и учреждения занимающиеся некоммерческой деятельностью слабо знакомы с проектной деятельностью, механизмами конкурсного финансирования, современного менеджмента и PR-технологиями. Укоренившиеся принципы «иждивенчества» тормозят развитие этих учреждений, заставляя бездействовать и ждать государственных средств под традиционные, зачастую неактуальные и отжившие формы работы, которые не приносят значительного эффекта и не решают насущных вопросов. В современных условиях потребность в овладении проектными технологиями становится жизненно необходимой.

Реализация некоммерческих проектов направлена на развитие социальных систем, институтов, социальных объектов, их свойств и отношений на основе социального предвидения, прогнозирования и планирования, являющихся значимой социальной потребностью. Прогнозируемые, моделируемые и конструируемые качества и свойства социальных объектов дают возможность управлять социальными процессами и являются выражением того социально нового, что характеризует тенденции социального развития. Сам проект для организаций и учреждений выступает как средство управления деятельностью в наиболее приемлемой, конкретной и выполнимой форме.

Для некоммерческих проектов наиболее важно отразить систему показателей эффективности. Показатели проекта позволяют точнее определить и разъяснить цель проекта и измерить его эффект. Универсальных критериев, которые однозначно подтвердили бы успешность того или иного социального проекта, достаточно мало.

Не менее важным аспектом некоммерческого проекта является финансовое обоснование. Финансовое обоснование тесно связано с источниками финансирования. Источниками финансирования некоммерческих проектов могут выступать конкурсные средства фондов, бюджетные поступления, благотворительные пожертвования; спонсорские отчисления, а также труд волонтеров и прочие, не запрещенные законом поступления.

Подходя к оценке некоммерческих проектов необходимо учитывать тип инвестора и значимость проекта для целевой группы или объекта. Оценка некоммерческих проектов должна включать как анализ финансовых, так и социальных результатов от реализации проекта, это в свою очередь значительно усложняет как процесс оценки, так и процесс управления такими проектами. Финансовые и социальные результаты некоммерческих проектов могут быть неоднозначными, что не позволяет сделать однозначный выбор в пользу того или иного проекта. В таких ситуациях в большинстве случаев на такой выбор оказывают влияние решения третьих лиц (государства, благотворительных фондов).

Таким образом, для оценки эффективности некоммерческих проектов должен быть разработана модель оценки с программным инструментарием анализа, позволяющим проводить сложные и многофакторные вычисления.

УДК 338.24

Бизнес-администрирование на промышленном предприятии

Магистрант Ивахненко Т.В.
Научный руководитель – Гурина Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Человеческая цивилизация развивалась благодаря общественному разделению труда, которое позволило специализировать труд и сделать его более качественным. С углублением специализации и ростом масштабов производства возникла проблема координации поведения работников и согласования параметров производства. С появлением этой проблемы и возникла новая специальность - организация управления или менеджмент. С этим понятием связано понятие бизнес-администрирование - разработка стратегического управления компаний, анализ конкурентоспособности, финансового состояния, рентабельности, разработка и внедрение мероприятий по снижению рисков в бизнесе. Постоянно меняющиеся социально-экономические реалии в современном мире требуют непрерывного совершенствования системы управления на предприятии, поиска новых направлений деятельности.

Бизнес-администрирование – это искусство управления бизнесом, понятие, неразрывно связанное с менеджментом, охватывает широкий круг задач: анализ конкурентоспособности фирм и привлекательности рынков; оценку финансового рынка; разработку стратегического плана управления компанией; организацию и управление структурными подразделениями компании; антикризисное управление и т.п.

Нужда в специалистах этой области становится все острее по мере того, как развивается бизнес. Научные методы бизнес-анализа и грамотное администрирование особенно важны в условиях нестабильной конкурентной бизнес-среды.

Бизнес-администрирование - это возможность эффективно управлять предприятием, анализировать сложные задачи и принимать стратегические решения. Основным содержанием системы бизнес-администрирования является механизм управления, состоящий из:

- принципов бизнес-администрирования – фундаментальные истины, и на которых строится система управления в целом или отдельные ее части(правила, на которых руководитель строит свою деятельность);
- функций бизнес-администрирования, которые являются первичной, определяющей частью системы управления;
- методов бизнес-администрирования – осуществления целенаправленного воздействия на производственный коллектив или отдельного работника; они отличаются друг от друга своей мотивационной характеристикой;
- стиля руководства - совокупность методов, приемов и действий, наиболее характерных для руководителя в его отношении с подчиненными.

Администрирование есть высший уровень управления организацией в целом, структурно высшая ступень организационной иерархии, имеющая выход на внешние связи. Административная деятельность - это деятельность по управлению коллективом, направленная на решение внешних задач и создание в нем наилучших условий для этого. При попытке компании продвинуть на рынок некий товар или услугу, результаты не всегда устраивают руководство.

Руководитель начинает рассматривать проблемы, которые лежат на поверхности (реклама, цена, персонал). Но большинство ключевых проблем (до 90 %) лежат в плоскости организации бизнеса и стратегии и только 10 % не зависят от компании.

Стратегии одобряются, но иногда на практике их плохо коммуницируют. Поэтому перевод стратегии в конкретные шаги и планирование ресурсов становится почти невозможен. Более низкие уровни не знают, что, когда и как нужно делать. Без достоверной информации, как и почему результаты оказались ниже ожидаемых, практически невозможно предпринять шаги для исправления ситуации. Проводимая затем реорганизация не затрагивает глубинные причины проблемы и не решает ее. Изменение условий приводит к новому соотношению работников и часто порождает новые диспропорции и трудности.

Для того чтобы наладить связи между структурообразующими элементами: целями, задачами, экономическими условиями, технико-технологическим базисом, функционально-поведенческим укладом создается многоступенчатая административная структура, назначение которой - распределение функций, прав, ответственности и возможность ведения параллельных процессов для достижения одной или нескольких целей одновременно. Однако наряду с положительными свойствами административного структурирования организации имеются и отрицательные, которые начинают заметно проявляться при увеличении численности персонала и возрастании интенсивности материальных и информационных потоков. Многоуровневая административная иерархия затрудняет прохождение информации, искажает ее содержание, снижает управляемость. Для решения этой проблемы внедряют автоматизированные системы управления, что дает возможность быстрого получения и обработки всей необходимой информации. Также возможно введение систем отчетности для каждого сотрудника, для того, чтобы соисполнители, коллеги, руководство могли точно знать что уже сделано.

При планировании и реализации компании обычно следуют шести правилам. Эти правила позволяют им объективно оценивать любые неудачи и определять, происходят ли те от стратегии, планирования, реализации или способностей сотрудников. И эти же правила помогают им заранее обнаруживать проблемы,

- 1: Постановка простых и конкретных задач.
- 2: Критика и проработка допущений, а не прогнозов.
- 3: Использование жесткой структуры (коммуникация на простом языке).
- 4: Раннее обсуждение распределения и использования ресурсов. (на первых стадиях проекта, а не когда до них дошло дело - заранее)
- 5: Четкое определение приоритетов.
- 6: Постоянное отслеживание результатов.

На предприятии имеются проблемы нескольких уровней:

- выживания (обеспечения положительности финансовых потоков),(решается путем принятия экстренных мер по реализации уже произведенной продукции)
- поиска партнеров (решается созданием отделов маркетинга и продвижения продукции на рынок)
- эффективного управления,(вертикальную интеграцию по производственному циклу совместно с горизонтальной интеграцией по параллельным видам продукции)
- социального микроклимата, (что позволит объединять имеющихся сотрудников в сплоченные команды, иногда выгоднее инвестировать в образование сотрудников и повышение их квалификации, вместо постоянного увольнения и найма новых)
- организации творческого характера труда, интегрированного взаимодействия всех подсистем (интегрированное взаимодействие всех подсистем фирмы порождает сложные процессы самоорганизации фирмы, что дает дополнительные конкурентные преимущества за счет эффектов синергетики)

- полноты реализации миссии (полнота реализации миссии позволяет взять с сегмента рынка все, что он может дать. Но для этого необходимо интегрированное взаимодействие всех подсистем фирмы).

Самые выигрышные проекты и бизнес-планы можно успешно провалить. Причины - бездарная организация и управление. Иногда это вызывается недостатком образования или знания, а также сложностью самого предмета. Вместе с тем, даже в неблагоприятных экономических условиях, но при разумной организации дела можно добиться многого.

УДК 334.02

Управление интеллектуальной собственностью в рамках инновационной деятельности высших учебных заведений

Аспирант Калинин А.Ю.

Научный руководитель – Енин Ю.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Высшие учебные заведения играют ключевую роль в формировании национальных инновационных систем. Это обусловлено тем, что вузы обеспечивают подготовку кадров, а также обладают значительным научным потенциалом, который при встраивании вузов в национальную инновационную систему становится инновационным потенциалом. Это означает, что вузовская наука помимо тесной связи с учебным процессом ставит целью углубление интеграции с реальным сектором экономики и вовлечение вузовской науки в национальную экономику.

Расширение внедрения результатов научной и научно-технической деятельности, делает необходимым развитие института интеллектуальной собственности. Данное развитие может осуществляться на ряде уровней:

1. Межгосударственный
2. Государственный (национальный)
3. Отраслевой
4. Корпоративный

Корпоративный уровень предполагает построение системы управления интеллектуальной собственностью на уровне организации, т.е. вуза. Это проявляется в расширении использования различных форм коммерциализации объектов интеллектуальной собственности.

Стоит отметить, что на сегодняшний день в ведущих вузах сформирована система управления интеллектуальной собственностью, которая не позволяет в полной мере использовать существующий потенциал вузовской науки.

Создаваемые вузами результаты интеллектуальной деятельности (РИД) – объекты интеллектуальной собственности (ОИС), как правило, не является готовым продуктом и нуждается в доработке для конкретных условий производства.

На решение данной задачи направлена деятельность вузовской инновационной инфраструктуры – в первую очередь научно-технологических парков (технопарков). Технопарки представляют собой научно-производственную площадку, на базе которой возможно преобразование ОИС в инновационный продукт и его внедрение либо в производство в структуре технопарка, либо на предприятии-резиденте, либо на стороннем предприятии, либо передача прав в соответствии с законодательством.

В соответствии с мировой и отечественной практикой существующие формы коммерциализации объектов интеллектуальной собственности вузов можно условно разделить на три большие группы:

1. Использование в собственной деятельности организации;
2. Передача прав;

3. Прочие незапрещенные законодательством формы.

Как показывает практика, на сегодняшний день наиболее распространено создание производства на базе непосредственно вузовских технопарков. Это отчасти обуславливает простотой извлечения дохода (прибыли) от использования разработок вуза, а также возможностью снизить ряд затрат необходимых на управление и использование ОИС: проведение инвентаризации и оценки, постановка на баланс, определение объектов начисления амортизации нематериальных активов и проч.

Стоит отметить, что при этом происходит недооценка преимуществ и возможностей процедуры патентования и проведения патентных исследований, как инструмента принятия управленческих решений, что снижает конкурентоспособность продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Это делает необходимым рассмотрение системы управления и коммерциализации интеллектуальной собственности на корпоративном уровне – уровне субъектов инновационной инфраструктуры. Обобщенно данный процесс включает следующие этапы:

1. Этап создания.
2. Этап обеспечения правовой охраны.
3. Введение в гражданский оборот (коммерциализация).
4. Обеспечение защиты прав.

Каждый из этапов включает ряд взаимосвязанных элементов-процедур. Однако деятельность технопарков имеет ряд специфических моментов:

1. Возможности по созданию производств на базе технопарка имеют значительное ограничение – среднесписочная численность его сотрудников не может превышать 100 человек, что делает необходимым вывод производств из технопарка и создание отдельного предприятия-резидента. Это обуславливает необходимость рассмотрения использования новых форм коммерциализации ОИС (в первую очередь п. 2 и п. 3).

2. Основным источником предшествующей интеллектуальной собственности, на основе которой создается инновационный продукт, является не технопарк, а вуз. В связи с этим возникает необходимость учета прав и интересов вуза в области правомерного использования ОИС, прав на конечный результат, стимулирования творческого труда авторов.

3. Так как вузовские разработки представляют собой новые решения и, как следствие, воплощаются в новых продуктах, то необходимо снижение риска при осуществлении хозяйственной деятельности с их использованием. Это предполагает расширения использования инструментов патентных исследований при принятии управленческих решений, касающихся формулирования технического задания на НИОКР, постановки продукции на производство и вывод на рынок, снятие продукции с производства, определение потенциальных партнеров/потребителей/конкурентов, выявление конкурентных преимуществ и построение маркетинговой стратегии.

УДК 334.02

Механизмы развития молодежного стартап предпринимательства на примере реализации проекта Tempus SUCSID

Специалист отдела МНТС Томашевич Н.Ю.

Научный руководитель – Гмырак В.Н.

Государственное предприятие

«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

г. Минск

Белорусская модель формирования социально-ориентированной рыночной экономики и стратегия устойчивого развития предусматривают проведение эффективной инновационной и инвестиционной политики. С учетом растущей глобализации мировых рынков в усло-

виях мирового финансового кризиса конкурентоспособными могут быть только высокотехнологичные и наукоемкие производства и предприятия. Немаловажную роль в достижении главной стратегической цели инновационной политики – формирование конкурентной экономики – играет поддержка развития инновационного предпринимательства, в том числе и на уровне идеи, т.е. стартапа.

Одним из примеров стимулирования молодежного инновационного предпринимательства является опыт реализации международного проекта SUCSID «Создание сети между университетскими стартап центрами для поддержки и продвижения студенческих инновационных проектов», финансируемого в рамках образовательной программы Европейского Союза Tempus.

Стратегической целью проекта SUCSID является развитие междууниверситетских региональных стартап центров и сети сотрудничества между членами консорциума проекта на основе международного научного и профессионального опыта как инструмента для реализации новаторских идей и технологий.

Основная идея проекта заключается в разработке учебных курсов и системы дистанционного обучения для повышения деловой активности и творчества студентов университета, а также для организации информационной поддержки стартап проектов в рамках созданных стартап центров в университетах стран-партнеров. Это поможет студентам получить знания и опыт в сфере инновационного бизнеса, защиты интеллектуальной собственности, развития реальных бизнес-проектов, наладить контакты с отечественными и иностранными инвесторами и партнерами. Расширение деловых связей является взаимовыгодным как для студентов, так и для работодателей, так как это поощряет развитие творчества среди выпускников университетов и обеспечивает приток новых идей в инновационный бизнес страны. Изначально в проекте планировалось создать четыре региональных стартап центра: два в Украине, один в Беларуси и один в Молдове. Однако первая фаза проекта – аналитическая – показала, что потенциал указанных регионов значительно шире, чем предполагалось ранее. Таким образом, при университетах стран Восточного партнерства было создано девять стартап центров: два в Беларуси, пять в Украине и два в Молдове.

Особенностью функционирования стартап центров, созданных в рамках проекта, является то, что стартап центры организуют между собой интерактивную международную информационно-аналитическую сеть отбора, оценки и поддержки инновационных проектов и идей творческой молодежи и студентов. Отбор и оценка проектов происходит в формате так называемых «краш-тестов» с привлечением в качестве экспертов преподавателей университетов, а также представителей государственных структур, бизнеса и промышленности как из стран Восточного партнерства, так и из Европейского Союза.

В рамках реализации проекта университетами стран Восточного партнерства совместно с ведущими европейскими вузами были также разработаны инновационные образовательные курсы на русском, английском и украинском языках по пяти дисциплинам: «Предпринимательство», «Инновационный менеджмент», «Бизнес-планирование», «Управление интеллектуальной собственностью» и «Лидерство и командообразование». Все курсы разработаны в соответствии с требованиями Болонского процесса и включают как теоретический и практический компоненты, так и задания для контроля и самоконтроля, а также базу данных материалов для самостоятельного изучения. Таким образом, студент, пришедший в стартап центр, получает не только советы по воплощению в жизнь конкретной идеи, но и необходимые теоретические и практические основы для более полной оценки работ по осуществлению собственного проекта.

В рамках реализации проекта SUCSID один из стартап центров был создан в Белорусском национальном техническом университете – ведущем вузе инженерно-технического профиля в Беларуси. Стартап центр БНТУ «От идеи до внедрения» начал свою работу в феврале 2014 г. и функционирует в тесной взаимосвязи с Центром поддержки предпринимательства Государственного предприятия «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник».

Специалистами Стартап центра на постоянной основе оказывается информационно-маркетинговая поддержка лучших молодежных инновационных проектов клиентов Стартап центра, осуществляется поиск финансирования. Образовательный компонент в Стартап центре БНТУ реализуется посредством проведения бизнес-тренингов по материалам инновационных образовательных курсов, разработанных в рамках проекта. Особое внимание при проведении тренингов уделяется практикоориентированной составляющей курсов, анализу историй успеха, практическим советам по реализации конкретных проектов.

Однако стратегической целью функционирования Стартап центра БНТУ является поиск финансирования для своих проектов. Ввиду недостаточной развитости частного инвестиционного сектора в Республике Беларусь, основным источником финансирования представляются государственные инновационные фонды. Однако следует отметить, что средства этих фондов достаточно лимитированы, а механизмы их функционирования находятся в зачаточном состоянии. В данной ситуации оправданной является работа с подобными организациями за рубежом с целью вывода проектов стартап центров на международные рынки, в том числе и посредством сети межуниверситетских стартап центров, созданных в рамках проекта SUCSID.

УДК 334.02

Статус отрасли новых материалов в Китае

Аспирант Ци Ци

Научный руководитель – Алексеев Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

1. Значение новых материалов.

Новые материалы являются одной из стратегических основ промышленности. Любой вид высокотехнологичных достижений должны быть основаны на прорыве технологий новых материалов в качестве предварительного условия и таким образом, прорыв в области новых материалов, скорее всего, приведет к новой промышленной революции. В мире выходное значение промышленности строительных материалов примерно 30% годовых, новые химические материалы, микроэлектроника, оптоэлектроника и новое исследование энергии стали самыми активными и самыми быстрорастущими, большинство инвесторов с оптимизмом смотрит на возможности финансирования в области новых материалов. Инновационный материал стал важной движущей силой прогресса человеческой цивилизации, но и будет способствовать развитию и модернизации технологических отраслей.

2. Статус новых материалов в Китае

1) Государственная поддержка в области новых материалов

Государственным Советом о «Решении по ускорению развития стратегических новых отраслей», отрасль новых материалов охарактеризована как ведущая отрасль национальной экономики КНР. МИИТ объявил о двух важных документах: «План развития новых материалов в двенадцатой пятилетке» и «Каталог основных разработок в области новых материалов в двенадцатой пятилетке». «План развития новых материалов в двенадцатой пятилетке» для развития отрасли новых материалов, несомненно, будет иметь положительное и далеко идущее значение. В соответствии с Планом «к 2015 году, выход новых материалов должен достигнуть двух триллионов юаней, среднегодовой темп роста более чем на 25%. Стоит задача построить 10 комплексных ведущих предприятий с сильным инновационным потенциалом, основной конкурентоспособности и новых материалов выручки от продаж более 15 млрд. юаней, развивать 20 профессиональных предприятий с доходами от продаж более 5 миллиардов юаней, завершить ряд новых баз материалов промышленности и промышленных кластеров с выдающимися основными бизнесами, полных промышленных объектов и годовой про-

дукции более 30 млрд. юаней. Многие провинциальные и муниципальные органы власти поддерживают развитие отрасли новых материалов как отправной точки развития экономики, эти важные инициативы содействуют новым разработкам и исследованиям материалов и развитию индустриализации КНР.

2) Отрасль новых материалов на подъеме

Быстрое развитие в отрасли новых материалов при сильной государственной поддержке является причиной большого притока многих научно-исследовательских институтов, предприятий и инвестиционных компаний в КНР. К 2010 году в Китае насчитывалось более 1000 предприятий, более 500 научно-исследовательских институтов, на данный момент в общей сложности более 400 тысяч людей занимаются в области исследования и разработки новых материалов. Разрыв между общим уровнем научных исследований новых материалов Китая отстает от развитых стран и составляет около пяти лет, но технологический разрыв постепенно сокращается. В некоторых областях этой сферы Китай имеет очевидные конкурентных преимуществ в ресурсах и технологиях. Полученные результаты прав интеллектуальной собственности соответствуют международному передовому уровню. Например, в области углеродных нанотрубок, органических светоизлучающих материалов, редкоземельных постоянных магнитных материалов, неорганических нелинейно-оптических кристаллов и керамики исследований и разработок и т.д..

3. Вопросы в отрасли новых материалов КНР

1) В области новых материалов не осуществлялся переход от ресурсоемкого производства к производству с интенсивным использованием технологий. Инновации науки и технологии слабо развиты, недостаточно технологий и продуктов с независимыми правами интеллектуальной собственности, отсутствует конкурентоспособность на международном рынке высокотехнологичной продукции. Некоторые новые материалы с высокой добавленной стоимостью зависят от импорта. Например, на внутреннем газовом рынке Китая, большинство из электронных продуктов газа, в основном созданы для элитного рынка, большая часть электронного газа, используемого на совместных полупроводниковых интегральных предприятиях и на предприятиях со стопроцентным иностранным капиталом автоматически монополизированы иностранными компаниями. Основная технология некоторых продуктов подчинена другим, что может стать узким местом в развитии смежных отраслей.

2) Ресурсы и энергия используются неэффективно, преимущества в ресурсах не получается преобразовать в промышленное преимущество. Например, редкоземельные ресурсы Китая составляют 70% от мирового производства, но 2/3 ресурсов экспортируются за рубеж в качестве первичного сырья. Ресурсы графита в Китае составляет 72% мировых, большинство из них экспортируется за рубеж в качестве первичного сырья по цене 3000-4000 юаней за тонну, он затем оно будет обработано, например, в искусственные клапаны сердца стоимостью 120000 юаней, или хлорид графит и другие высококачественные изделия из графита клапан по цене 10-20 млн. за тонну, а затем будут проданы обратно в Китай.

3) Новые материалы от исследований до промышленного применения не является гладким соединением, отсутствие эффективного механизма производства и научно-исследовательских связей, популяризация и применение на рынке по-прежнему нуждается в укреплении/улучшении.

4) Преобразования в индустрии новых материалов требует значительных капитальных вложений, но диверсификация инвестиций и система финансирования не была установлена, что ограничило развитие новых материалов в китайской промышленности.

СОДЕРЖАНИЕ

Литейное производство чёрных и цветных металлов

Журневич А.В., Шингарей М.Г., Кулинич И.Л., Красовский А.Л. Синтез силуминов из алюмоматричных кварцсодержащих композиций.....	6
Котков А.В., Лыхман И.Н., Ковалев А.А., Прокопчук Д.А., Прахт А.А. Металлургические процессы получения сплавов на основе системы Al-Si восстановлением легирующего компонента из его соединений.....	7
Комарова Т.Д. Безотходная технология переработки Ni - содержащих катализаторов...8	
Акулич Н.Н. Факторы пористости отливок из алюминиевых сплавов при литье под давлением.....	10
Лысаковский Г.А. Модифицирующая смесь для силуминов.....	11
Красовский А.Л., Аль-Кадыми О.Г. Современные тенденции использования технологий 3D-печати в производстве.....	11
Никитюк П.А., Ринкунас В.Е., Самута С.В. Влияние неметаллических включений на качество стального литья.....	15
Акулич Н.Н., Волосевич Я.В. Современные разделительные покрытия пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов.....	17
Горбель И.А., Грозный Д.М., Шингарей М.Г., Чертобой В.В. Использование техногенных отходов для производства цветных металлов.....	17
Семенец И.Б., Грузд М.М., Ринкунас В.Е., Сидоркин А.С. Определение максимального содержания серы в сталях с учетом условий эксплуатации.....	19
Амер Мохамед Мефтах (Ливия), Кулинич И.Л., Бичан А.Н. Исследование процесса получения лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия.....	20

Материаловедение в машиностроении

Савич А.Ю., Шевцов А.Ю. Обзор и анализ перспективных синтетических охлаждающих сред для закалки.....	24
Лущик М.Э. Изучение влияния лазерной обработки на механические показатели плазменно-напыленных покрытий.....	26
Лущик М.Э., Савич А.Ю. Перспективы применения ионно-плазменного азотирования в производстве.....	27
Шевцов А.Ю., Савич А.Ю. Азотирование титана и его сплавов.....	29

Баранова Т.Н. Термодиффузионное борирование деталей золотниковой группы гидромоторов.....	31
Кацеба Г.В. Виды закалочных сред.....	32
Баранова Т.Н. Особенности определения хрупкости диффузионных борированных слоев на стали.....	33
Шкут В.А. Вакуумная термообработка металлических изделий.....	36
Шуман А.Ю. Виды цементации.....	37
Шевцов А.Ю. Ионное азотирование титана и его сплавов.....	38
Кацеба Г.В. Использование газовой закалки в машиностроении.....	40
Кисин М.В. Использование 3D-принтеров в металлургии.....	41
Астрашаб Е.В. Восстановление функциональных зависимостей для опытных данных.....	43
Касьянов К.В. Применение комплекса DEFORM-3D при моделировании процесса штамповки.....	44
Касьянов К.В. Применение комплекса ANSYS для моделирования фрезерования резца.....	46
Коротков А.С. Влияние криогенной обработки на структурные превращения и изменения физико-механических свойств стали.....	48
Коротков А.С. Стали криогенной техники.....	49
Гарнашевич Ю.А., Пиляева А.А. Легирование никелем коррозионностойких сталей.....	51
Кисин М.В. Общие сведения о 3D-принтерах и виды 3D-печати.....	53
Астрашаб Е.В., Ковалько М.С. Применение углепластика в промышленности.....	54
Лайко А.А. Индукционная закалка внутренних поверхностей деталей машиностроения.....	56
Астрашаб Е.В. Производство и основные свойства углепластика.....	58
Роговая Ю.А., Приходько Н.А. Способы повышения производительности печей непрерывного действия.....	60
Гарнашевич Ю.А., Юркевич К.С. Расчет размерных параметров наплавочной проволоки (толщины гальванического покрытия хрома, никеля и меди) для получения требуемого химического состава наплавленного покрытия.....	61

Озембловский М.А. Термическая и химико-термическая обработка металлических дискретных материалов.....	63
Роговая Ю.А., Люцкевич А.И. Расчет производительности печи с различной степенью черноты изделия.....	64
Юркевич К.С. 3D-принтеры в промышленности.....	66
Приходько Н.А., Люцкевич А.И. Контроль толщины ϵ -фазы карбонитрированного слоя.....	67
Чепаченко Ю.И. Виды брака крепежных изделий.....	68
Чепаченко Ю.И. Виды отходов горячего цинкования.....	70
Чепаченко Ю.И., Ковалько М.С. Повышение качества винтов самонарезающих.....	72

Машины и технология литейного производства

Шикуров О.М., Пейганович А.Л. Механизмы влияния вакуума на структуру жидкостекольных связующих материалов.....	75
Жабинская М.В., Ерш А.А. Дефекты усадочного происхождения.....	76
Кисько В.М., Дегтярёнок И.Д. Методика исследования механизмов воздействия вакуума на структуру и свойства жидкостекольных стержневых смесей.....	78
Неверовский П.А., Павлюковец Н.И. Предположения о возможности модифицирования жидкостекольного связующего нанодисперсными материалами.....	79
Кравчук А.Е., Климашевский В.И. Питающая прибыль, как эффективный метод борьбы с усадочными дефектами в отливках.....	81
Прохоров Н.С., Мойсак М.А. Усадочные процессы в расплавах.....	83
Кобяков К. В. Исследование влияния технологических элементов литниковой системы с теплофизическими свойствами прибылей на формирование качества отливок.....	84
Шут Е.А., Наркевич К.А. Белые износостойкие чугуны, используемые при работе в условиях абразивного и ударно-абразивного износа.....	85
Титовец А.С., Павлючук В.С. Абразивный и ударно-абразивный износ металлов.....	87
Цуба А.Е., Лысуха А.А. Предварительная обработка литых заготовок, работающих в условиях ударно-абразивного износа.....	88
Шкутко А.М., Павлович В.С. Улучшение эксплуатационных характеристик чугуна при пластической деформации.....	90

Захаркевич Е.Н., Шишпор К.Д. Анализ существующих способов литья деталей из белых износостойких чугунов.....	91
Дингилевская Е.П., Дингилевская С.П. Решение задачи классификации отливок на основе методов параметризации системы «отливка-литниковая система».....	93
Ярмалицкий В.И., Ольшевский П.С. Алгоритм разработки технологического процесса получения отливок.....	94
Левшов Е.И. Реконструкция цеха радиаторов ОАО «МЗОО».....	95
Попок Ю.В. Регенерация формовочного песка в СЛЦ №2 «МАЗ».....	96
Буйневич Ф.А., Базылев Н.В., Шишпор К.Д. Использование Компас – 3D V14 для построения планов механизма.....	98
Лихачёв П.С., Чижонок Д.И. Литые быстрорежущие стали, их классификация и свойства.....	100
Пупейко Е.В., Супрун А.Ю. Переработка и использование низкосортных металлоотходов.....	101
Мудрый В.В., Скотников А.Ю. Снижение удельных энергозатрат при электроплавке чугуна и стали.....	102
Лихачев П.С., Чижонок Д.И. Комплексное модифицирование быстрорежущей стали Р6М5Л.....	104
Шапелевич И.А., Чижонок Д.И., Куприянова Л.И. Исследование влияния наномодифицирования на структуру и свойства цинковых антифрикционных сплавов.....	105
Лихачёв П.С., Чижонок Д.И. Особенности термической обработки быстрорежущих сталей.....	106
Дейчик А.И., Тонкович А.А. Методика расчета литниковой системы для форм с вертикальной плоскостью разъема.....	107
Самосюк П.И. Влияние модифицирования FeSiZr и FeSiMnZr на кристаллизацию чугуна.....	109
Базылев Н.В., Буйневич Ф.А. Выбор типа конструкции прибылей.....	111
Севостьяничук Д.В. Литейные свойства чугуна с вермикулярной формой графита.....	113
Петровец С.В. Литье в песчано-глинистые формы магниевых сплавов.....	115
Овчинников И.П. Применение фильтровальных сеток при литье чугуна.....	117
Макаренко С.А. Особенности регенерации холоднотвердеющих смесей.....	118

Сасковец. А.А., Степурко Ю.Н. Перспективы использования метода вакуумно-пленочной формовки для получения качественных отливок.....	121
Шапелевич И.А. Методы получения аморфных металлов.....	122
Воронин Р.И., Каменец М.В. Численное моделирование процесса заполнения системы литник-отливка при изготовлении отливок вакуумно-пленочным методом.....	123
Шапелевич И.А. Влияние степени деформации и последующего старения на прочность дуралюминов.....	125

Машины и технология обработки металлов давлением

Поляк Е.И., Шумак Е.А. Технология упрочняющей обработки лезвий рабочих деталей почвообрабатывающей техники.....	128
Пригара П.В., Приступа А.С. Анализ технологических возможностей получения полых цилиндрических изделий методом комбинированной вытяжки.....	129
Шиманский И.А. Ресурсосберегающая технология скоростного горячего выдавливания биметаллического стержневого инструмента.....	131
Семёнова Е.А., Нахайчук М.Г. Изучение особенностей получения двухвитковой пружинной шайбы	133
Скраго А.Н. Метод получения композиционного двухслойного антифрикционного материала с повышенными адгезионной прочностью бронзового антифрикционного слоя к стальной пластине и триботехническими свойствами.....	134
Белуга Е.С., Демидовец В.Н. Процесс прокатки структурно-неоднородной среды.....	136
Ковалевич С.П., Апекун Д.А., Нестерович М.Л. Снижение уширения прокатанных полос в роликовых волокнах.....	138
Халецкая К.Ю., Чернушевич Е.В. Технология сферодвижной штамповки.....	139
Погребницкий К.О. Компьютерное моделирование пластического течения металлов при получении биметаллического инструмента.....	141
Пригара П.В., Приступа А.С. Оптимизация процесса комбинированной вытяжки полых изделий.....	143
Бондаренко А.Л., Тимоховцов П.И. Ресурсосберегающая технология горячей штамповки прямозубых конических шестерен.....	146

Металлургические технологии

Горбачевский В.О. Рециклинг вторичных отходов (стружки, окалины) в металлургической отрасли.....	149
--	-----

Касперович П.Л., Спиридович А.Е. Использование вторичных энергетических ресурсов в промышленности.....	150
Коваленко Д.А., Кузьмин Е.Ф. Способы модернизации выплавки стали в ДСП.....	151
Капленко В.С. Пути модернизации методических нагревательных печей.....	152
Кобрин П. В. Эффективность использования дутья, обогащенного кислородом, в нагревательных и термических печах.....	153
Ковбасюк А.И., Васильев С.Н. Рециклинг шламов и шлаков в металлургическом и машиностроительном производстве.....	155
Любин Д.А. Пути модернизации вагранок с целью повышения конкурентоспособности продукции.....	156
Мороз Д.С. Развитие традиционных и альтернативных технологий производства чугуна.....	157
Копылева В.В. Анализ систем компьютерных программ для моделирования металлургических процессов.....	158
Поротикова М.А. Альтернативные способы производства металлизированного сырья.....	160
Цвирко Е.А. Анализ систем очистки уходящих газов при выплавке стали.....	161
Цыкунов П.Ю. Математическое моделирование и анализ процессов индукционного нагрева стальных заготовок.....	162
Наумчик А.Д. Анализ энергоемкости выплавки чугуна в различных агрегатах.....	164
Шнейдер В.А. Современные технологии и тенденции создания экологически безопасного металлургического производства.....	165

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

Гольмант А.И. Технологический процесс сварки потолочной фермы №3 театра имени Янки Купалы.....	168
Гуринович А.В. Анализ диффузионных процессов при сварке разнородных металлов.....	169
Ивко Я.В. Технологии сварки: ручная дуговая и лазерная сварка.....	171
Гулевой А.С. Изучение некоторых технологических особенностей и их оптимизации при сварке плавлением стали 35ХГСА на примере захвата трактора Беларус 3522.....	173
Кецко А.Н. Гибридные технологии сварки: лазерно-дуговая сварка.....	174

Марукович Д.А. Исследование зоны термического влияния низкоуглеродистой стали при различных способах сварки.....	176
Колодинская Н.С. Механизм прошивки матричного металла частицами порошка...	178
Щербо А.С. Механическая активация самораспространяющегося высокотемпературного синтеза $TiB_2/(Fe-Mo)$	179
Ивко Я.В., Кецко А.Н., Середа В.Ю., Качура Е.С. Оценка возможности легирования металла шва за счет использования никельсодержащих отходов в составе флюса.....	181
Сосновский Е.А., Адери́ха Д.С., Сахно А. А., Кулакли С.О. Сравнительный анализ сварочно-технических свойств газообразного и твердого диоксида углерода при дуговой сварке.....	183
Голуб Ю.И. Безуглеродное получение кремния из SiO_2 методом МАСВС.....	185
Адери́ха Д. С. Методы исследования причин дефектности сварных соединений.....	187
Ивко Я.В., Кецко А.Н., Середа В.Ю. Оценка возможности использования вторичных ресурсов в виде ультрадисперсных частиц в покрытии электродов для улучшения сварочно-технологических свойств.....	189
Гармаза М.А. Силицирование пресованных заготовок углеграфитовых композиций.....	191
Демидова П.В. Легирование металлов и сплавов сгустками порошковых частиц...	192
Гедревич А.Е. Новые инструментальные стали.....	193
Кривуленко Н.В. Спекание нанодисперсных порошков при высоких давлениях.....	194
Жук В.А. Получение, свойства и области применения тонкопленочных покрытий карбида кремния.....	195
Лазарчик М.В. Получение тонких пленок методом вакуумного лазерного испарения.....	197
Мухля А.Д. Алмазоподобные покрытия: получение, свойства и области применения.....	198
Федюк И.Л. Фильтры из порошковых материалов: свойства, получение, область применения.....	200
Чукашев П.С. Методы получения тугоплавкой керамики на основе нитрида кремния.....	201
Леонович А.С. Испытание фрикционного материала для самосвала Белаз.....	202
Шугай С.В. Исследование зоны термического влияния КЭП обработанного высокоэнергетическим источником энергии.....	203

Лимановский А. М. Информационные технологии в исследовании причинно-следственных связей образования дефектов сварки и обеспечении качества сварных соединений.....	204
Литвинко В.Н. Исследование микропрофиля поверхности при трении с фрикционным материалом на основе бронз.....	206
Каблаш К.В. Динамический отжиг сварочных швов.....	207
Демьянчик Г.А. Механоактивируемый, самораспространяющийся, высокотемпературный синтез ультрадисперсных порошков ферромагнетиков-шпинелей...	208

Охрана труда и промышленная безопасность

Хроян В.В., Пархомчик Е.М. Безопасность при эксплуатации оборудования и трубопроводов энергетических установок атомной станции.....	212
Богданович Л.А., Сикроский Н.Ю. Безопасность обслуживания электрооборудования.....	214
Лимановский А.М. Вентиляция в сварочном производстве.....	215
Андрасович А.О. Безопасность труда при ремонте и изготовлении ювелирных изделий (при выполнении плавки драгоценных металлов, работе в электропечах и при обслуживании газового горна).....	217
Чирвоная Е.А. Безопасность труда на операции вальцовки металла.....	219
Рунец В.А. Влияние основных вредных химических веществ на здоровье работающих.....	220
Дыдышко О.В., Кисель И.М. Влияние производственной вибрации на работоспособность работников.....	222
Матюш И.И., Демидович А.Г. Влияние ультрафиолетовых светодиодных ламп на организм человека и окружающую среду.....	223
Судиловская К.А. Воздействие Wi-Fi на здоровье человека.....	224
Сытый В.С., Янукович Р.А. Защита при авариях (катастрофах) на химически опасных объектах.....	225
Королевич А.И., Мисюкевич А.С. Культура безопасности на атомной станции.....	226
Кирсанов С.Н. Лазерное излучение и лазерная безопасность.....	228
Крукович Д.С. Меры безопасности при устройстве опалубки при возведении монолитных железобетонных конструкций.....	230
Могдалова Е.А. Низкочастотные акустические колебания и их влияние на биологические процессы.....	232

Якимович Ю.Е. Обеспечение безопасности при дорожном строительстве.....	233
Андрияш А.С., Кипарин А.И. Обеспечение безопасности при лазерной резке металла.....	234
Ковальчук А.А. Организация труда при выполнении СМР.....	236
Бынькова А.Ю., Капкович А.А. Особенности охраны труда женщин.....	237
Емелина А.С., Емелин Ю.В. Охрана труда беременных женщин.....	239
Шапелевич И.А. Загазованность воздушной среды рабочих зон литейных цехов.....	240
Летко А.О. Пожарная безопасность. Требования к содержанию огнетушителей.....	242
Злотникова Е.М., Яковчик Е.В. Пожарная опасность силовых трансформаторов.....	243
Петриман Л.С., Миренков А.С. Пожарная опасность электрических кабелей.....	244
Захарова В.Г. Радиоактивное излучение в бытовой среде.....	246
Китаев М.И. Пожарная безопасность при реставрации Дворца Булгака в Жиличах.....	247
Шлык В.А. Требования техники безопасности при работе на магнито-резонансных томографах (МРТ).....	248
Зяц И.А. Освещенность рабочих мест литейных цехов.....	250
Латушко Т.С. Техника безопасности при выполнении работ с электрошкафом СНОЛ-3,5.3,5.3,5/3,5-ИІ.....	252
Бокая Я.Э. Техника безопасности при эксплуатации спортивных сооружений.....	253
Будилович Е.Н. Требования безопасности при выполнении штукатурных работ.....	255
Гусаковский И.А., Ковалев М.П. Условия труда электротехнического персонала.....	256
Красовская И.А. Техника безопасности при выполнении работ с лампами ртутными сверхвысокого давления с шаровой колбой типа ДРШ.....	258
Рыжков С.А. Техника безопасности при тонком шлифовании и полировании линз.....	259
Анацкий О.И., Пшеник Д.Ю. Факторы, вызывающие несчастные случаи. Причины несчастных случаев.....	260
Тимошевич Б.С. Циркулярная пила с системой SawStop.....	261

Химические технологии

Позняк О.А. Использование активированной воды в технологии бетона.....	264
--	-----

Миронович А.Ю. Влияние степени очистки воды на образование и устойчивость гидрозоля диоксида титана.....	265
Крук Д.С. Механоактивация материалов для строительства.....	267
Скируха А.С., Шевченко А.А. Синтез и свойства цементов на основе высокодисперсного нитрида кремния и ортофосфорной кислоты.....	268
Полуян А.В. Использование нанодисперсного порошка оксида кремния в бетоне...	269
Самусева А.И. Легирование чугуна путем использования отработанных катализаторов нефтехимического производства с низким содержанием никеля.....	270
Заноско О.А. Получение техногенного теплоизоляционного материала на основе фторосодержащих отходов производства стеклоизделий.....	272

Молодежные инновационные проекты. Организация и управление инновационными предприятиями при университетах

Богданчук К.А. Измерения механических напряжений в ультразвуковых волноводных системах с использованием инновационной разработки: датчиков на основе эффекта Виллари.....	275
Волкова А.Р. Стартап - это возможность изменить мир.....	276
Журкевич М.В. Особенности оценки эффективности некоммерческих проектов.....	278
Ивахненко Т.В. Бизнес-администрирование на промышленном предприятии.....	279
Калинин А.Ю. Управление интеллектуальной собственностью в рамках инновационной деятельности высших учебных заведений.....	281
Томашевич Н.Ю. Механизмы развития молодежного стартап предпринимательства на примере реализации проекта Tempus SUCSID.....	282
Ци Ци Статус отрасли новых материалов в Китае.....	284

Научное издание

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ**

Сборник научных работ
XVI Республиканской студенческой
научно-технической конференции

22–24 апреля 2015 года

Технический редактор *Е.О. Германович*

Подписано в печать 07.10.2015. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 34,41. Уч.-изд. л. 13,45. Тираж 50. Заказ 653.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.