

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XIX Республиканской студенческой научно-технической конференции

24–25 апреля 2018 года

Минск
БНТУ
2018

УДК 669 (082)
ББК 34.3
Н76

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

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

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Немененок Б. М., д-р техн. наук, профессор;

Белявин К. Е., д-р техн. наук, профессор;

Константинов В. М., д-р техн. наук, профессор;

Николайчик Ю. А., канд. техн. наук, доцент;

Трусова И. А., д-р техн. наук, профессор;

Лазаренков А. М., д-р техн. наук, профессор;

Алексеев Ю. Г., канд. техн. наук, доцент;

Бежок А. П., канд. техн. наук, доцент;

Пантелеенко Ф. И., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси;

РАБОЧАЯ ГРУППА:

Слуцкий А. Г., канд. техн. наук, доцент;

Любимов В. И., канд. техн. наук, доцент;

Гольцова М. В., канд. техн. наук, доцент;

Вейник В. А., ст. преподаватель;

Одиночко В. Ф., канд. техн. наук, доцент;

Науменко А. М., канд. техн. наук, доцент;

Ратников П. Э., канд. техн. наук, доцент.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Позняк О. А.

СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ

Кулик М. А.

В настоящий сборник включены материалы докладов XIX Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки», участники которой выступали по следующим направлениям: «Металлургия черных и цветных сплавов», «Материаловедение в машиностроении», «Машины и технология литейного производства», «Машины и технология обработки металлов давлением», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Химические технологии».

Результаты научной деятельности студентов, магистрантов факультета в 2017/2018 гг.

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) является одним из этапов подготовки инженеров механико-технологического факультета и направлена на расширение, углубление и закрепление теоретических знаний и практических навыков студента.

НИРС развивает способность студента активно и творчески использовать полученные общенаучные, инженерные, экономические и другие знания для решения современных задач металлургического производства.

На XXIV Республиканском конкурсе научных работ студентов высших учебных заведений факультетом было представлено в 2017 году 11 работ.

1 категории удостоено 4 работы (Астрашаб Е.В., Одарченко В. И. Горбель И.А., Кулик М.А.; 3. Кулинич И.Л., Фролов А.И.; Юркевич-Потоцкая К. С.

2 категории удостоено 4 работы (Миковоз М.В., Шевчук В.Ю. Русевич О.А.; Фигурин Ф. К.; Фролов А.И., Крук Д.С.;

3 категории удостоено 2 работы (Бычек А.Б.; Специан И.В).

В июне 2018 года в Белорусском национальном техническом университете прошло торжественное вручение наград специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов одарённым студентам, магистрантам, аспирантам, выпускникам, а также преподавателям.

Свидетельства специального фонда были вручены лучшим студентам БНТУ, которые отлично учатся и занимаются научно-исследовательской деятельностью среди награждённых следующие студенты и магистранты механико-технологического факультета: Кулинич И.Л., Ковалевич Э.В., Горбель И.А., Красовский А.Л., Позняк О.А., Иванов А.И.

При подведении итогов НИРС студенческое научно-исследовательское бюро «Сплав» награждено Ректором БНТУ Дипломом победителя в конкурсе «Лучшее студенческое научно-исследовательское подразделение 2017 года.

В номинации «Лучший студент –исследователь» Грамотой и денежной премией награждён магистрант МТФ Кулинич И.Л.

**Металлургия
черных и цветных
сплавов**

Замена алюминиевой катанки гранулами из отходов алюминия

Студенты гр.10405114: Кулик М.А., Скируха А.С., Миронович А.Ю., Жук К.А.

Научные руководители – Трибушевский Л.В., Неменёнок Б.М.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Гранулированный алюминий широко используется для раскисления стали.

При этом литую алюминиевую дробь диаметром 1,6–6 мм получают при сливе расплава через сито-дозатор в воду. Применение литой алюминиевой дроби позволяет существенно повысить реакционную поверхность раскислителя, так как данный показатель для алюминиевых гранул в 80–90 раз выше, чем у чушкового алюминия и составляет 1,6–8 м²/кг против 0,02 м²/кг.

Однако такая технология получения алюминиевой дроби требует ее обязательной сушки и существует опасность насыщения расплава водородом. Кроме того, при температуре сушки гранул 200 °С происходит их дополнительное окисление.

Сотрудниками кафедры «Металлургия черных и цветных сплавов» БНТУ совместно с работниками ООО «НПФ «Металлон» реализована «сухая» технология производства алюминиевых гранул из отходов деформируемых алюминиевых сплавов и стружки. Для этих целей использовали установку, состоящую из вращающегося круглого водоохлаждаемого стола, чугунного металлоприемника для жидкого алюминиевого сплава, ударного механизма для образования капель металла за счет прерывания струи металла и системы удаления полученных гранул со стола. Расплав алюминия из короткопламенной роторной печи подавали в металлоприемник, в нижней части которого находились специальные отверстия для вытекания жидкого металла. Образование капель, то есть обрыв струи расплава, происходил за счет ударного механизма. В зависимости от интенсивности его работы изменяли размеры получаемых гранул в диапазоне 5–10 мм. Гранулы из капель расплава формировались на поверхности вращаемого водоохлаждаемого стола. Удаление готовых гранул производили направленным потоком сжатого воздуха, что исключало необходимость их последующей сушки.

Алюминиевые гранулы, облитые по «сухой» технологии из отходов алюминия, имели несколько большие размеры по сравнению с алюминиевой дробью, полученной охлаждением капель расплава в воде, но не превышали в диаметре 10 мм. По химическому составу гранулы соответствовали алюминию марок АВ–87 и АВ–97. Суммарное содержание алюминия и магния в АВ–97 составляло 97,3 % при требованиях ГОСТ 295–98 не менее 97 %, а для АВ–87 их содержание составляло 93,3 % при требовании не менее 87 %.

Опытная партия гранул АВ–87 с размерами до 10 мм в объеме 20 т была использована на ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» при обработке стали для раскисления металла и предварительного его легирования алюминием (до обработки на вакууматоре «РН») взамен алюминиевой катанки. Присадка опытного материала осуществлялась через систему бункеров. Испытания показали, что использование алюминия АВ–87 в гранулах до 10 мм при внепечной обработке стали способствует глубокому раскислению системы «шлак–металл», следствием чего является повышение усвоения легирующих элементов (соответственно снижается расход ферросплавов) и степени десульфурации стали. Интенсивное раскисление системы «шлак–металл» в начальный период внепечной обработки позволяет в более короткие сроки провести необходимую десульфурацию расплава и способствует сокращению общей длительности внепечной обработки стали.

При обработке сталей S355J2, Fe360-1, C45E-3 и Ст1сп усвоение кремния повысилось на 5,3–12,5 % по сравнению с базовой технологией. По усвоению марганца разница между опытными и сравнительными плавками составила от –3,45 % до 2,1 %.

Преимуществом гранулированного алюминия, по отношению к другим материалам из АВ-87, является сравнительно низкая, необходимая для расплавления гранулы, аккумулируемая теплота и достаточно высокая площадь поверхности взаимодействия, что и обеспечивает быстрое раскисление системы «шлак–металл».

Использование АВ-87 в гранулах до 10 мм через систему высотных бункеров позволяет автоматически фиксировать расход и время отдачи материала, исключить применение ручного труда, повысить контроль за соблюдением технологии и расходом вторичного алюминия.

Применение гранулированного алюминия АВ-97 при внепечной обработке стали на установке вакуумной дегазации «РН» позволило сократить средний удельный расход алюминийсодержащих материалов в опытных плавках до 0,75 кг/т годного металла против 0,82 кг/т по стандартной технологии.

УДК 621.745.56

Влияние технологии плавки отходов алюминия на возможность использования образующейся пыли

Студенты гр.10405114: Кулик М.А., Позняк О.А., Самусева А.И., Скируха А.С.
Научные руководители – Трибушевский Л.В., Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Переработка отходов алюминия в виде стружки, шлаков и съёмов является значительным резервом в расширении сырьевой базы при производстве алюминиевых сплавов. В качестве основного плавильного оборудования для этих целей используются роторные наклонные печи, эксплуатируемые на предприятиях различных форм собственности. Одной из таких организаций является научно-производственная фирма «Металлон», которая более 20 лет занимается переработкой отходов алюминия с высокой окисленностью (стружка, шлак, съёмы). В качестве плавильного агрегата используется короткопламенная роторная печь ёмкостью 800 кг, работающая на жидком топливе.

От других типов роторных печей данный плавильный агрегат отличается тем, что здесь пламя и отходящие газы не совершают петлеобразное движение, а покидают рабочее пространство через дымовое окно в противоположном конце печи, которое примыкает к борovu, переходящему в канал удаления дымовых газов. Отходящие газы в меньшей степени отдают свое тепло футеровке и шихте, чем у роторных печей с наклонной осью вращения и способствуют значительному уносу пыли, что остро ставит вопрос по ее утилизации.

На первом этапе исследований в качестве компонентов шихты использовали алюминиевые шлаки, сливы, спрессованные банки из-под напитков, алюминиевую стружку, роллеты и другой низкосортный лом, которые загружали совместно с 8 % покровного флюса. Для анализа образующейся пыли исследовали ее частицы, отобранные из циклона в конце плавки. Развернутый химический состав частиц пыли представлен широкой гаммой отходов алюминиевых сплавов и используемых флюсов и приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и размер отдельных частиц пыли, отобранной из циклона от короткопламенной роторной печи

№ частицы	Содержание элементов по массе, %											
	C	O	Al	Na	K	Ca	Cl	F	Si	Mg	Fe	Zn
1	–	37,64	7,05	1,21	1,52	5,49	0,28	–	0,25	0,81	12,40	2,07
2	5,84	8,68	70,66	0,21	0,12	–	0,23	–	10,39	–	1,56	0,78
3	27,47	37,10	18,65	2,96	2,10	1,31	5,34	3,44	0,22	1,09	–	–
4	22,92	36,85	24,91	3,18	1,17	1,88	5,54	1,87	0,36	0,94	0,38	–
5	7,32	20,58	68,61	0,66	0,28	–	0,30	1,31	0,29	–	0,57	–
6	12,79	35,16	30,62	6,62	1,78	0,60	9,06	3,39	–	0,30	–	–
7	1,34	31,19	43,37	0,64	0,10	0,34	0,71	–	0,68	1,98	0,24	–
8	8,37	14,49	63,99	0,24	0,10	–	0,49	0,70	8,20	0,79	0,85	0,95
9	7,02	13,69	65,04	1,04	0,48	0,39	–	1,38	0,43	2,36	0,29	–
10	13,20	32,38	40,87	1,66	0,21	0,71	1,52	–	2,15	1,20	0,96	4,56

При этом содержание алюминия в анализируемых частицах пыли колеблется от 7,05 до 70,66 %, а концентрация кислорода изменяется от 8,68 до 37,64 %, что связано с образованием широкой гаммы оксидных соединений.

При использовании в процессе плавки жидкого флюса в количестве 40 % от массы переплавляемой стружки в частицах пыли из циклона установлено присутствие фтора (7,98–9,46) %, хлора (31,96–34,46) %, натрия (17,48–18,14) %, калия (9,29–10,18) %, кислорода (13,62–16,30) % и небольшого количества алюминия (2,24–3,0) %. Результаты анализа химического состава пыли приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа химического состава пыли, отобранной из циклона, при плавке алюминиевой стружки с использованием 40 % флюса

Номер пробы	Содержание элементов по массе, %								
	O	F	Cl	Na	K	Mg	Al	Si	C
1	14,96	8,89	32,56	18,14	9,29	0,58	3,00	0,48	12,10
2	16,30	9,46	31,96	17,48	9,36	0,25	2,88	0,34	11,97
3	14,26	8,76	33,06	17,69	9,84	0,53	2,78	0,50	12,58
4	13,62	7,98	34,46	18,02	10,18	0,62	2,24	0,36	12,52
5	15,53	9,23	32,71	17,76	9,39	0,59	2,34	0,38	12,07
Среднее	14,93	8,86	32,95	17,82	9,62	0,52	2,65	0,41	12,24

Такой состав пыли практически исключает возможность ее дальнейшего использования и возникает необходимость захоронения значительных объемов солевых шлаков. Поэтому в дальнейших исследованиях основной упор был сделан на бесфлюсовую плавку алюминиевых шлаков или их просева. Принимая данное решение, исходили из соображения, что такие материалы еще содержат некоторое количество остатков флюсов, которого достаточно для разрушения оксидной пленки на корольках алюминия. Это необходимо для формирования бассейна из капель жидкого алюминия.

Фазовый анализ частиц пыли, выполненный на рентгеновском дифрактометре ДРОН–3, показал, что в составе пыли преобладают оксиды алюминия различных форм с общей концентрацией около 75 %, шпинели, содержащие в своем составе оксиды алюминия (~12 %) и 12 % чистого алюминия. При этом на долю хлорсодержащих соединений приходится только 1,4 %. Результаты фазового анализа частиц пыли приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты фазового анализа образцов пыли при бесфлюсовой плавке, полученные на рентгеновском дифрактометре ДРОН–3

Фаза	Al	Al ₂ O ₃	Al _{2,144} O _{3,2}	Mg _{0,388} Al _{2,408} O ₄	Al ₂ O	Al ₂ O ₃	Al ₅ SiO _{9,5}	KAlSi ₃ O ₈	CaAl ₄ O ₇	Na _{0,3835} K _{0,6165} Cl
Номер карточки из базы данных	4–787	78–2426	79–1558	76–306	75–277	71–1128	88–2049	72–77	76–706	75–299
Концентрация, %	12,2	36,8	5,7	4,9	21,7	10,4	3,9	1,9	1,1	1,4

Такой состав пыли позволяет использовать ее для производства раскислительных смесей при внепечной обработке стали, которая наряду с 20–24 % алюминия содержит 50–65 % Al₂O₃, CaO и MgO и в полной мере реализовать безотходную технологию плавки алюминиевых шлаков в короткопламенной роторной печи.

УДК 621.745.669.13

Магнийсодержащая лигатура на основе меди для чугуна с шаровидным графитом

Студенты: гр. 10405115 Шевчук В.Ю., гр. 10405315 Бычик А.В.
 Научные руководители – Слуцкий А. Г., И.Л. Кулинич
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

В практике литейного производства широко используется чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), который характеризуется высокими свойствами и конкурирует с углеродистой сталью. Характеристики литых деталей из ЧШГ определяются химическим составом исходного сплава, условиями формирования отливки и технологией сфероидизирующего модифицирования. В первую очередь, свойства ЧШГ зависят от микроструктуры чугуна и количества сфероидального графита.

В настоящее время в Республике Беларусь при производстве высокопрочного чугуна в основном используются «легкие» сфероидизирующие модификаторы на основе ферросилиция типа ФСМг с различным содержанием магния. При этом от способа ввода и состава вводимой присадки зависит ее расход, эффективность и стабильность процесса модифицирования. По сравнению с чистым магнием, лигатуры позволяют минимизировать пироэффект, при ковшевой обработке жидкого чугуна, и существенно повысить коэффициент усвоения магния. Компоненты, входящие в составы таких лигатур, наряду со сфероидизацией графита за счет магния, оказывают влияние на про-

цессы рафинирования, графитизации и легирования обрабатываемого сплава. В качестве наполнителей таких лигатур могут использоваться как сплавы железа и кремния, так и чистые металлы, такие как медь и никель.

Например, «тяжелая» магнийсодержащая лигатура на основе меди, полученная методом плавки отличается более высокой технологичностью, эффективно реагирует с жидким расплавом чугуна, образуя небольшое количество шлака. Однако существенным недостатком является необходимость измельчения лигатуры до нужной фракции перед ее применением в процессе получения высокопрочного чугуна. При этом образуются значительное количество отходов в виде мелкой фракции, что в целом снижает эффективность использования такой лигатуры.

Для получения более высоких марок ЧШГ в практике производства используются «тяжелые» магнийсодержащие лигатуры на основе меди и никеля составы таких лигатур представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы магнийсодержащие лигатур для ЧШГ

Марка		Содержание элементов, %					Области применения
		Mg	Ca	PЗМ	Si	Остальное	
Легкие	ФСМг9	8,5–10,5	0,2–1	0,3–1	50–60	Fe	ковшечная обработка
	ФСМг7	6,8–8,8	0,2–1	0,3–1	45–55		
	ФСМг5	4,5–6,5	0,2–1	0,3–1	45–55		внутриформенная и ковшечная обработка
	ФСМг4	3,5–4,5	0,2–1	1–2	55–70		получение ЧВГ
Тяжелые		13–16	2,0	0,7–0,85	26–33	Ni	получение ЧШГ высоких марок
		14–16	0,6	–	–	Cu	получение ЧШГ высоких марок

Одним из путей решения данной проблемы является использование более эффективных лигатур, обеспечивающих максимальное усвоение магния при минимальном расходе присадки, а также снижение пылегазовых выбросов в процессе сфероидизирующей обработки жидкого чугуна.

Их использование позволяет не только сфероидизировать графит, но и получать перлитную дисперсную металлическую матрицу, обеспечивающую высокий уровень прочностных и эксплуатационных свойств ЧШГ. Вместе с тем следует отметить, что в процессе кристаллизации такого чугуна, из-за высокого переохлаждения в структуре возможно образование в значительных количествах цементитной фазы. Наличие такой структуры приводит к ухудшению механических и технологических свойств высокопрочного чугуна и прежде всего склонности к усадке. При этом резко ухудшается обрабатываемость отливок.

С этой целью используется дополнительная технологическая операция – вторичное графитизирующее модифицирование.

Цель работы – повышение эффективности магнийсодержащих лигатур на основе меди для внепечной обработки высокопрочного чугуна.

С целью обеспечения максимального усвоения меди и магния, сокращения пылегазовых выбросов от его взаимодействия с жидким чугуном, экспериментально подобраны соотношения основных компонентов лигатуры. Преимуществом данной технологии являются невысокие энергозатраты на изготовление лигатуры в виде пластин и более высокая эффективность ее применения при получении высоких марок высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

В основу технологии положен способ, предусматривающий прокатку порошкообразной смеси меди и магния в пластины различной толщины. При этом в составе смесей мо-

гут использоваться активные элементы, играющие роль графитизирующей присадки. Отличительной особенностью технологии от существующих аналогов является возможность формирования пластин лигатуры с использования специальной оболочки в виде тонкой медной трубки. Это позволяет существенно упростить процесс изготовления лигатуры и повысить эффективность ее растворения жидким чугуном при ковшевой обработке.

На рисунке 1 представлены исходные порошковые материалы меди (а) и магния (б) и общий вид опытного образца лигатуры после прокатки (в).

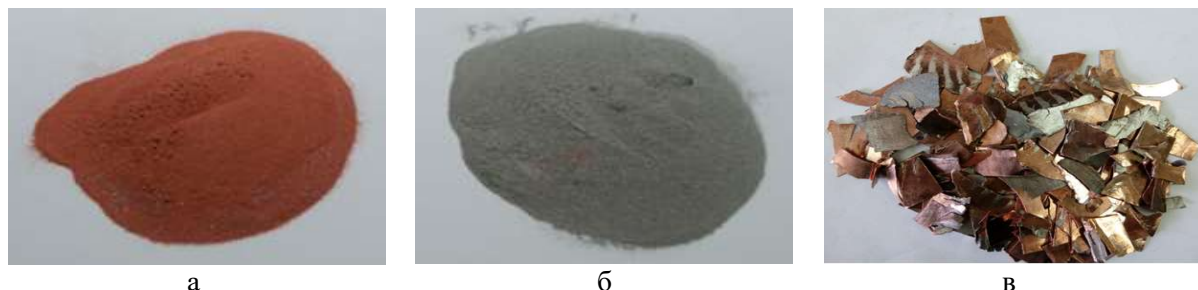


Рисунок 1 – Используемые материалы при получении лигатуры (в):
а – порошок меди; б – порошок магния

Были выполнены исследования распределения меди и магния в образце лигатуры (рисунок 2 и 3).

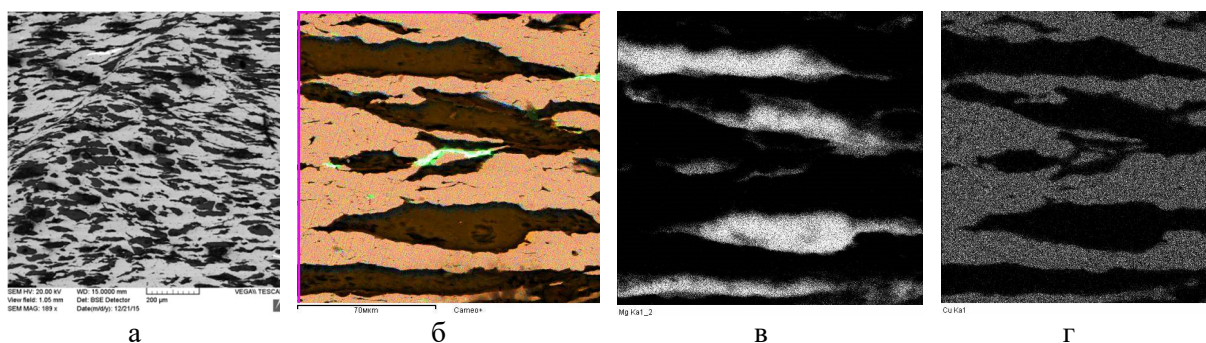


Рисунок 2 – Распределение меди и магния по площади в лигатуре:
а – общий вид; б – анализируемый участок; в – магний; г – медь

Анализ показал, что все структурные составляющие имеют продолговатую форму, при этом медь и магний сосредоточены в виде отдельных фаз.

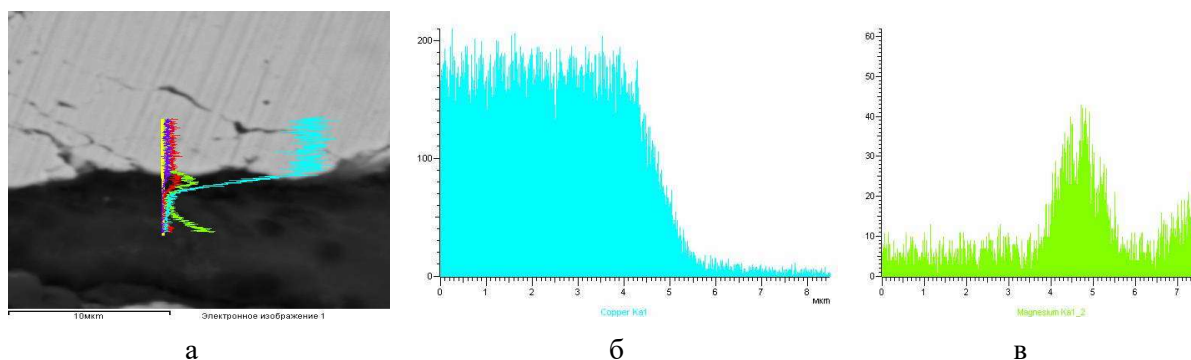


Рисунок 3 – Распределение в лигатуре на границе фаз (магний–медь) (а):
б – меди; в – магния

Анализ межфазной границы показывает отсутствие взаимодействия между медью и магнием, хотя и отмечается незначительная диффузия атомов меди в магний.

На следующем этапе работы были проведены лабораторные испытания лигатуры при получении ЧШГ. Плавка чугуна осуществлялась на высокоскоростной индукционной установке (рисунок 4).



Рисунок 4 – Установка индукционного нагрева УИН-30-8-50

В качестве основных шихтовых материалов использовали рафинированный доменный перепельный чугун, стальной лом, что обеспечило получение в исходном расплаве минимальной концентрации серы. Для сфероидизирующей обработки чугуна применяли три варианта добавки лигатуры в виде пластин толщиной 2 мм 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %. Расчетное количество лигатуры вводили в ковш перед выпуском жидкого чугуна. После завершения обработки жидкий чугун разливали по литейным формам. Из полученных заготовок изготавливались образцы для изучения химического состава, механических свойств и микроструктуры (таблица 2 и рисунок 5).

Таблица 2 – Влияние величины добавки лигатуры на химический состав и механические свойства ЧШГ

Вариант модифицирования	Химический состав, %						Твердость, НВ	Предел прочности, σ_b , МПа
	C	Si	P	S	Cu	Mg		
Лигатура (Cu-Mg) 0,5 %	3,53	2,14	0,038	0,018	0,38	0,011	229	416
Лигатура (Cu-Mg) 1,0 %	3,49	2,25	0,038	0,025	0,78	0,015	235	610
Лигатура (Cu-Mg) 1,5 %	3,55	2,35	0,038	0,0021	1,32	0,022	255	510

Установлено, что при обработке чугуна лигатурой в количестве 0,5 % процесс сфероидизации полностью не произошел. В микроструктуре наряду с шаровидным

графитом образовалось до 50 % вермикулярного графита (рисунок 5, а). При этом механические свойства чугуна соответствовали ВЧ40.

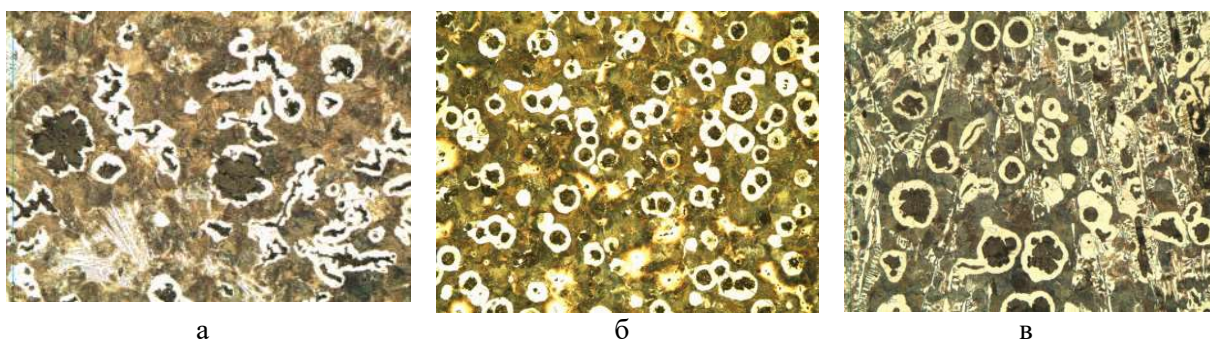


Рисунок 5 – Влияние величины добавки лигатуры на микроструктурв ВЧ:
а – лигатура (Cu-Mg) 0,5 %; б – лигатура (Cu-Mg) 1,0 %; в – лигатура (Cu-Mg) 1,5 %

Добавка лигатуры в количестве 1,5 % позволило получить чугун марки ВЧ 50, при этом в структуре наряду с перлитом образовалась цементитная фаза, вызванная эффектом перемодифицирования. При этом твердость чугуна оказалась высокой и составила 255 НВ.

Наиболее оптимальной оказалась добавка лигатуры в количестве 1 %, позволившая получить перлитную металлическую матрицу, в которой графит приобрел исключительно шаровидную форму. При этом механические свойства соответствуют ВЧ60.

Таким образом, использование лигатуры на основе меди и магния в виде пластин за счет эффективного растворения позволяет при минимальном расходе получать высокую марку ЧШГ.

УДК 669.187

Препарат для разжижения рафинировочных шлаков на основе отходов от переработки вторичного алюминия

Студенты гр. 10405114: Кулик М.А., Позняк О.А.;
гр. 30405112: Евтушков А.В.; гр.10405526: Хоронек И.А.
Научные руководители – Трибушевский Л.В., Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Для получения качественной стали на металлургических комбинатах проводят ее внепечную обработку, которая обеспечивает получение требуемого химического состава и температуры расплава, снижение в нем количества неметаллических включений. В значительной степени рафинирующая способность шлаков зависит и от их жидкоподвижности, поскольку процессы десульфурации и раскисления получают свое развитие на границе шлак-расплав. На большинстве предприятий для разжижения шлаков используют флюорит (плавиковый шпат) CaF_2 , который является экологически опасным веществом, обладает высокой стоимостью и агрессивно взаимодействует с футеровкой сталеразливочного ковша [1]. Причину снижения вязкости рафинировочных шлаков от добавки CaF_2 объясняют формированием в нем значительного количества белита C_2S ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) [2], но это соединение имеет температуру плавления 2130 °С и самостоятельно вряд ли будет способствовать разжижению шлаков. Ряд исследователей [3,4] отмечают положительное влияние Al_2O_3 на жидкоподвижность и серопоглотительную способность рафинировочного шлака. Поэтому повышая содержание Al_2O_3 в составе

шлака до 20–35% можно обеспечить его необходимой жидкоподвижность и отказаться от использования CaF_2 .

Анализ реакций взаимодействия Al_2O_3 с компонентами рафинировочного шлака показал возможность образования ряда соединений с достаточно высокими температурами плавления [5]: $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1535$ °C); $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1610$ °C); $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1765$ °C); $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ($t_{\text{пл}} = 1553$ °C); $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ($t_{\text{пл}} = 1593$ °C); $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1527$ °C) [6].

Учитывая, что рафинировочные шлаки являются многокомпонентными, то возможно также образование соединения $4\text{MgO}\cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ($t_{\text{пл}} = 1475$ °C) [6].

Поэтому эффект повышения жидкоподвижности рафинировочных шлаков при добавке Al_2O_3 , очевидно, следует связывать с возможностью образования легкоплавких эвтектик. Так в системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ образуются эвтектики с температурами плавления 1170, 1265, 1310, 1345, 1335 °C [6]. Для системы $\text{MgO} - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ можно отметить наличие трех эвтектик с низкими температурами плавления [6]:

- 5 % MgO – 48,8 % CaO – 41,5 % Al_2O_3 – 5 % SiO_2 ($t_{\text{пл}} = 1295$ °C);
- 2,5 % MgO – 23,8 % CaO – 14,2 % Al_2O_3 – 59 % SiO_2 ($t_{\text{пл}} = 1160$ °C);
- 9,4 % MgO – 10,2 % CaO – 18,5 % Al_2O_3 – 61,9 % SiO_2 ($t_{\text{пл}} = 1222$ °C).

В системе $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ образуются эвтектики с температурами плавления 1355 и 1365 °C [6].

Корректировку состава рафинировочных шлаков по содержанию Al_2O_3 с целью их разжижения можно проводить с использованием отходов переработки вторичного алюминия (ОПВА) [5]. Для выбора оптимального состава разжижителя рафинировочного шлака использовали метод математического планирования экспериментов, где в качестве независимых переменных были приняты: содержание CaO (X_1), время сушки брикетов (X_2) и температура сушки (X_3). Зависимыми переменными являлись разрушающая нагрузка брикетов (Y_1) и их осыпаемость (Y_2). Основу брикетов для разжижения рафинировочных шлаков составлял ОПВА, образующийся при переплаве алюминиевой стружки и шлаков в короткопламенной роторной печи. Для построения математических моделей реализовывали линейный план полного факторного эксперимента 2^3 . На основе анализа литературных данных и диаграммы состояния $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ были выбраны значения уровней независимых переменных, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Значения уровней независимых переменных

Факторы	CaO , %	Время сушки, мин	Температура сушки, °C
Код	X_1	X_2	X_3
Основной уровень (x_{i0})	25	30	250
Интервал варьирования (Δx_i)	15	15	50
Нижний уровень ($x_i = -1$)	10	15	200
Верхний уровень ($x_i = 1$)	40	45	300

Исследования проводили на брикетах в виде таблеток диаметром 23 мм и высотой 9 мм, полученных прессованием. Осыпаемость таблеток оценивали на приборе для определения осыпаемости песчаных стержней при времени испытаний 30 мин. Разрушающую нагрузку для брикетов определяли на разрывной машине при сжатии таблеток до момента начала их осыпания. Такие характеристики брикетов определяли исходя из необходимости их последующей транспортировки в мешках типа «биг-бег».

Реализованный план экспериментов 2^3 и результаты испытаний образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица планирования 2³ и результаты испытаний

№ опыта	Кодовый масштаб			Натуральный масштаб			Результаты испытаний					
	x ₁	x ₂	x ₃	СаО, %	Время сушки, мин	Температура сушки, °С	Разрушающая нагрузка, Н			Осыпаемость, %		
							Y ₁			Y ₂		
							обр.1	обр.2	обр.3	обр.1	обр.2	обр.3
1	+	+	+	40	45	300	6800	5700	5700	2,70	3,19	4,24
2	-	+	+	10	45	300	5650	5700	6000	8,21	8,43	10,65
3	+	-	+	40	15	300	7300	6700	8800	1,53	4,44	2,31
4	-	-	+	10	15	300	8800	6600	6500	8,93	5,78	8,42
5	+	+	-	40	45	200	4700	6800	5900	3,11	1,57	3,83
6	-	+	-	10	45	200	6150	8400	6200	8,34	5,62	7,99
7	+	-	-	40	15	200	6000	7200	6300	1,10	0,60	1,42
8	-	-	-	10	15	200	8500	7900	8200	3,06	3,41	4,15

После обработки полученных результатов и проверки статистической значимости коэффициентов регрессии были получены следующие зависимости разрушающей нагрузки брикетов и их осыпаемости от исследуемых параметров: $Y_1 = 6770,8 - 629,2 x_2 + 425x_1 \cdot x_3$; $Y_2 = 4,697 - 2,194 \cdot x_1 + 0,96 \cdot x_2 + 1,014 \cdot x_3$.

Наиболее важной характеристикой для брикетов разжижителя шлака является их осыпаемость, которая должна быть минимальной. Данные условия выполняются при $x_1 = 1$, $x_2 = -1$ и $x_3 = -1$, что обеспечивает получение осыпаемости на уровне 0,529 % при разрушающей нагрузке 6975 Н. При переходе к натуральному масштабу получаем, что данные условия реализуются при содержании 40 % СаО, времени сушки брикетов 15 мин и температуре сушки 200 °С.

Для производственных условий разработана технология получения разжижителя в виде крупных гранул диаметром 3–4 см. Присадка их на поверхность рафинировочного шлака 100тонного сталеразливочного ковша в количестве 250 кг обеспечила заметное разжижение шлака (рисунок 1).

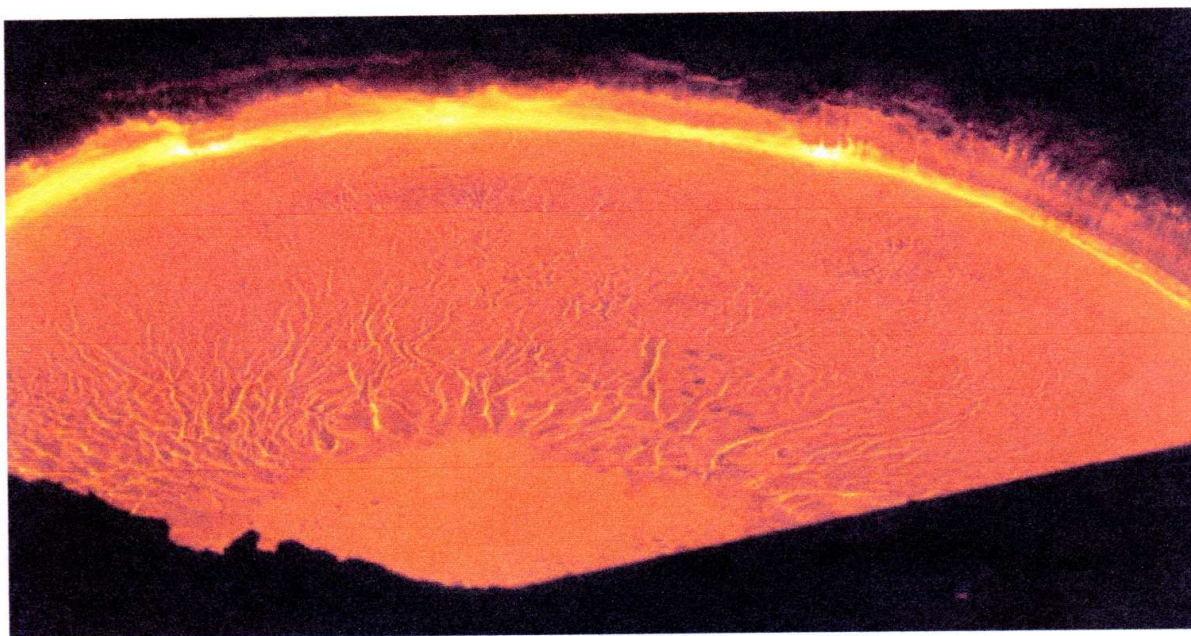
Данные по химическому составу и коэффициенту распределения серы рафинировочного шлака до и после добавки разжижителя приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав рафинировочного шлака и коэффициент распределения серы (L_s).

Характеристика шлака	Химический состав шлаков (массовая доля оксидов), %					Коэффициент распределения серы (L_s)
	СаО	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	
Рафинировочный (исходный)	46,5	24,4	9,8	12,6	2,6	123,4
Рафинировочный (после добавки разжижителя)	52,7	19,3	8,7	18,4	0,9	146,2



а



б

Рисунок 1 – Поверхность рафинировочного шлака до (а) и после добавки разжижителя на основе ОПВА (б) [5]

Видно, что добавки разжижителя приводят к повышению в шлаке содержания CaO и Al_2O_3 , при этом заметно снижение оксидов железа, очевидно, за счет содержания в добавляемой присадке корольков металлического алюминия. Следует отметить также рост коэффициента распределения серы с 123,4 до 146,2, что свидетельствует о лучшей десульфуризирующей способности шлака.

Кроме визуального контроля состояния рафинировочного шлака оценивали его жидкоподвижность при помощи вискозиметра погружения, опускаемого в шлак на заданную глубину. Через отверстие в тигельке диаметров 9 мм жидкий шлак попадал в стакан. За характеристику вязкости шлака принимали массу шлака, затекшего в стакан за 5 с при погружении прогретого устройства в шлак на 10 с. В зависимости от массы шлака в стакане шлак классифицировали как «густой» (50–100 г), «нормальный» (15–200 г) и «жидкоподвижный» (250 г и более).

По состоянию текучести исходного рафинирующего шлака при температуре 1575 °С его можно охарактеризовать как «нормальный» (масса пробы составляла 156 г), но близкий к нижней границе данной категории. После ввода разжижителя и выдержки 10 мин масса пробы шлака в стакане составила 265 г, т.е. он перешел в категорию «жидкоподвижный».

Таким образом, использование ОПВА для производства разжижителей рафинировочного шлака позволяет обеспечить необходимую жидкоподвижность рафинировочного шлака; повысить его десульфурисуемую способность за счет повышения коэффициента распределения серы; снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, исключив использование CaF_2 и захоронение отвальных алюминиевых шлаков.

Список использованных источников

1. Повышение стойкости футеровки агрегатов внепечной обработки стали / А.А.Метелкин [и др.] – Нижний Тагил: НТИ УрФУ, 2015. – 144 с.
2. Стабилизация рафинировочных шлаков путем корректировки их фазового состава / О.Ю.Шешуков [и др.] // Сталь, 2016. – №5. – С. 12–15.
3. Мельник, С.Г. Производство качественной стали с внепечным полиреагентным рафинированием / С.Г.Мельник // Литье. Металлургия 2017: материалы XIII междунар. науч.–практ. конф. – Запорожье, 2017. – С. 354–356.
4. Леонтьев, Л.И. Переработка и утилизация техногенных отходов металлургического производства / Л.И.Леонтьев, В.И.Пономарев, О.Ю. Шешуков // Экология и промышленность России. – 2016. – Т.20. – № 3. – С. 24 – 27.
5. Внепечная обработка стали отходами от переработки вторичного алюминия / Л.В.Трибушевский [и др.] // Литье и металлургия, 2018. – № 1. – С. 100–105.
6. Бобкова, Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / Н.М. Бобкова. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 301 с.

УДК 621.78

Обработка расплава стали модификаторами, содержащими щелочноземельные металлы

Студент гр. 10405115: Уласик А.С.

Магистрант: Сидоркин А.С.

Научные руководители: Барановский К.Э., Проворова И.Б.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Производство качественных отливок из стали в настоящее время основано не только на рафинировании металла от вредных примесей при проведении плавки. Значительный вклад в формирование требуемой структуры и свойств стали вносят и другие, более экономичные методы, к которым относится модифицирование. В результате процессов модифицирования происходит изменение степени дисперсности и морфологии фазовых составляющих стали, в том числе, количества, размера и формы неметаллических включений в результате введения в расплав небольшого количества (0,2–0,3 %) добавок. При этом существенно изменяются механические и технологические свойства. Эффективность проведения модифицирования зависит от качества модификатора, его химического состава, технологии ввода в металл, а также степени раскисленности металла и технологических особенностей его плавки.

В настоящее время широкое распространение получили модификаторы, содержащие щелочноземельные металлы (ЩЗМ) (на базе кремния) которые являются не только сильными раскислителями, но и элементами, активно связывающими серу. Значительная часть кальция и других ЩЗМ при введении в сталь испаряется и окисляется, удаляясь из металла. Усиление действия кальция обеспечивается путем совместной присадки с ним бария, а также стронция. При их комплексном вводе в жидкую сталь упругость паров будет ниже упругости пара каждого отдельно взятого элемента, что

ведет к более медленному испарению и увеличению продолжительности взаимодействия с кислородом и серой и, как следствие, к более эффективному результату модифицирования.

Для определения влияния модификатора на механические и литейные свойства стали 45Л проведена серия плавок. Модификатор вводился в количестве 0.3% при заполнении заливочного ковша на 25–30%. Затем, заливались спиральные пробы на жидкотекучесть и образцы для механических испытаний, которые подвергались термической обработке – нормализации.

Результаты испытаний представлены в виде гистограмм на рисунке 1.

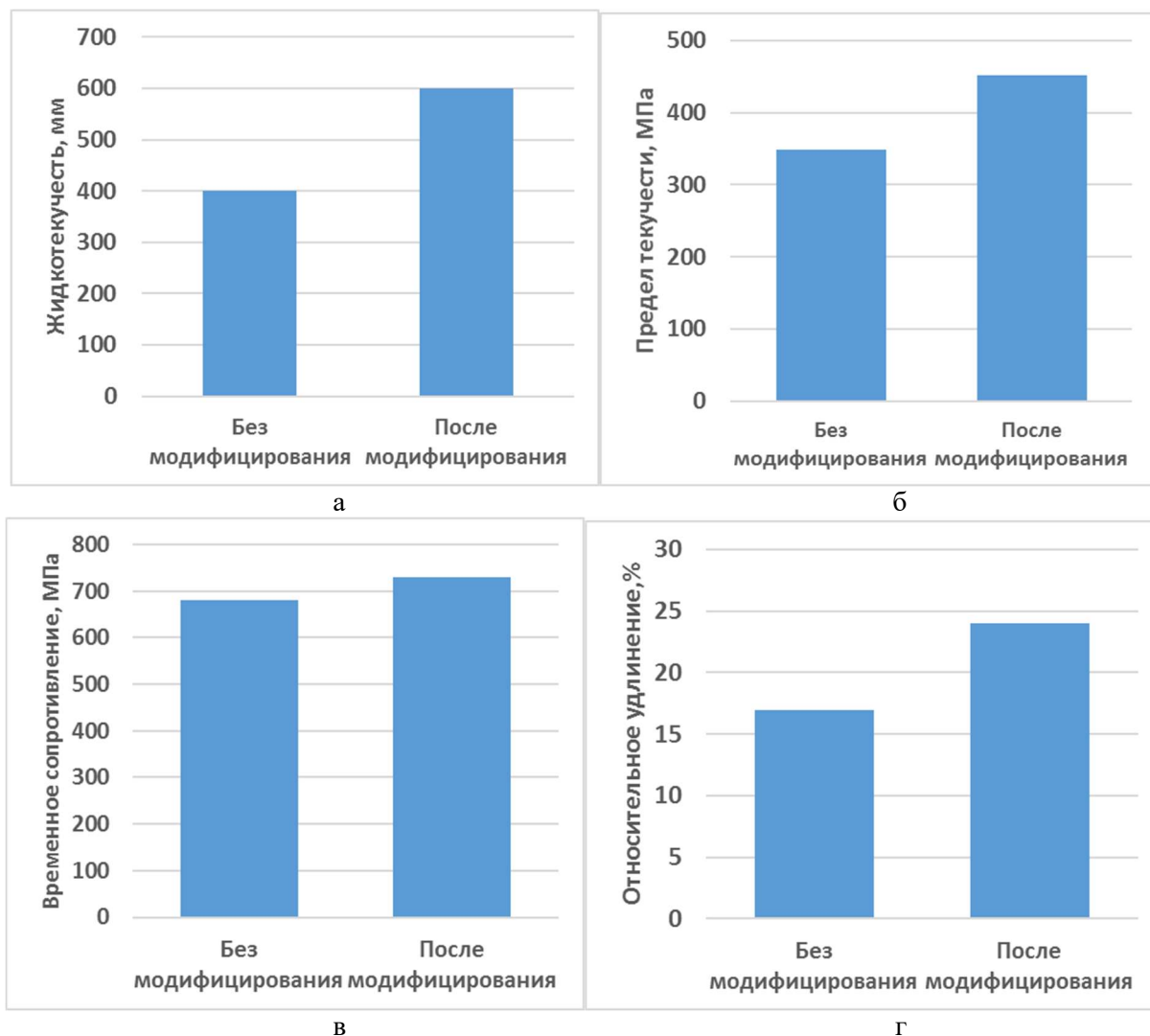


Рисунок 1 – Влияние модификатора с щелочноземельными металлами на свойства стали:
а – жидкотекучесть; б – предел текучести; в – временное сопротивление; г – относительное удлинение

После обработки жидкой стали модификатором с ЩЗМ произошло увеличение предела текучести в 1,2 раза, при этом, временное сопротивление возросло незначительно (рисунки 1 в) а также резко увеличилось относительное удлинение в 1,5 раза.

Повышение механических свойств в результате обработки вышеуказанным модификатором связано с измельчением микроструктуры, а также уменьшением количества неметаллических включений и их глобулизацией.

Увеличение жидкотекучести в 1,5 раза обусловлено тем, что щелочноземельные металлы, в результате испарения защищают поверхность текущего металла от окисления, что способствует повышению его жидкотекучести, кроме того, ЩЗМ обеспечивают глобулярный вид неметаллических включений.

Исследования показали, что модификаторы на основе щелочноземельных металлов являются перспективным материалом для внепечной обработки стали с целью повышения ее механических и технологических характеристик, что способствует увеличению качества и конкурентоспособности получаемых деталей и заготовок.

УДК 621.74

Жидко-твердофазные процессы получения литейных композиционных сплавов на основе алюминия

Студент гр. 10405114 Жук К.А.
Научный руководитель – Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Литейные композиционные материалы на основе алюминия с дисперсными неметаллическими, прежде всего, керамическими фазами, имеют большой, но в значительной мере нереализованный функциональный потенциал для удовлетворения растущих потребностей транспортного машиностроения, авиационной промышленности, строительной и электротехнической индустрии, других отраслей промышленного производства. До настоящего времени остается относительно высокзатратным производство изделий различного назначения из дисперсно-упрочненных композиционных сплавов на основе алюминия (АКС). Актуальность исследований в области разработки металлургических способов синтеза литейных композиционных материалов на основе алюминия с дисперсными неметаллическими фазами обусловлена необходимостью обеспечить требуемые технологические и экономические преимущества при производстве металлопродукции функционального и конструкционного назначения.

Существующие способы получения дисперсно-упрочненных АКС, несмотря на все их большое разнообразие и видимый прогресс в разработке новых методов их синтеза, пока не привели к снятию имеющихся ограничений на массовое производство изделий из этих материалов. Перспективным направлением в создании литейных АКС с дисперсными неметаллическими фазами является синтез композиций на основе алюминия с применением металлургических жидко-твердофазных (ЖТФ) технологий совмещения материалов.

Изучены закономерности синтеза литейных композиционных материалов функционального и конструкционного назначения на основе алюминия с дисперсными высокомолекулярными неметаллическими фазами систем $Al/SiO_2-Al_2O_3$ и Al/SiC , исследованы физико-химические процессы на границе раздела фаз в композициях, полученных при использовании ЖТФ технологий с применением различных режимов температурно-временной обработки (ТВО) композиций. Предложена концептуальная модель ресурсосберегающих металлургических ЖТФ способов синтеза сплавов на основе алюминия, содержащих дисперсные неметаллические материалы, в которых отличительной особенностью является применение двухступенчатой ТВО композиций, способствующих интенсификации процессов реакционного синтеза алюмооксидной и карбидной керамики материалов в алюминиевой матрице.

Первая, низкотемпературная ступень ТВО реализуется с целью обеспечить длительный физический контакт гетерофазных компонентов ЖТФ композиций непосредственно после смешивания компонентов. Вторая ступень ТВО реализуется путем

нагрева и выдержки композиций при температурах, достаточных для проведения процессов реакционного синтеза алюмооксидной и карбидной керамики. Нагрев композиционной суспензии и проведение ТВО осуществляется на этой стадии при температурах, существенно превышающих температуру ликвидус металлической основы композиции.

Установлено, что ТВО ЖТФ–композиций системы Al–Ti/SiC при нагреве до 800–900 °С приводит к тому, что титан локализуется по границам раздела частиц карбидной керамики, образуя контактный слой, содержащий продукты реакций титана с карбидом кремния. Образование на контактной поверхности реакционного слоя сопровождается эффектом самопроизвольного смачивания и усвоения расплавом карбидной керамики в композиционной суспензии Al–Ti/SiC. При проведении ТВО частицы карбидной керамики не отделяются от расплава, образуя однородную высоковязкую смесь.

Экспериментально подтверждена способность SiO₂ к химическому взаимодействию с алюминием во всем объеме дисперсных частиц кремнезема, что позволяет использовать дисперсные кварцевые материалы в качестве исходного сырья для управляемого реакционного синтеза алюмооксидной керамики в процессе ТВО композиционной суспензии Al/SiO₂. В результате реакции SiO₂ с алюминием в композиционной суспензии Al/SiO₂ при заданных технологических режимах ТВО, помимо оксида алюминия, происходит образование свободного кремния. Это позволяет рассматривать композиции Al/SiO₂ как в качестве металлургического сырья для производства функциональных дисперсно–упрочненных композиционных сплавов, так и для получения литейных сплавов системы Al–Si конструкционного назначения.

Список использованных источников

1. Панфилов, А.А. Проблемы и перспективы развития производства и применения алюмоматричных композиционных сплавов / А.А. Панфилов, Е.С. Прусов, В.А. Кечин // В сб. тр. Нижегородского гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 2 (99). – С. 210–217.
2. Saravanan, C. Fabrication of aluminium metal matrix composite / C.Saravanan, K Subramanian, D B Sivakumar, M. Sathyanandhan, R Sankara Narayanan // Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, Special Issue 7, 2015. – PP. 82–87
3. Рафальский, И.В. Синтез литейных композиционных сплавов на основе алюминия / И.В. Рафальский, Б.М. Неменёнок // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 252 с.

УДК 669.018.5

Определение возможности металлических сплавов к стеклованию

Студент гр. Жук К.А.
Научный руководитель – Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В стеклообразном состоянии могут находиться вещества, принадлежащие к различным классам химических соединений. Большинство стеклообразующих систем могут быть получены в широком интервале составов. Во многих таких системах при изменении состава существенно изменяются и свойства: электросопротивление, температура Дебая, средний атомный объем и температура кристаллизации. Особый интерес представляют металлические сплавы, полученные закалкой из жидкого состояния и имеющие аморфную структуру. Неупорядоченное расположение атомов в структуре

металлических стекол приводит к таким изменениям магнитных, электрических, механических, сверхпроводящих и других свойств, которые нельзя получить в металлах с кристаллической структурой [1, 2]. Стеклообразное состояние металлических сплавов является метастабильным, поэтому для перехода в более стабильное состояние необходимо повысить температуру и тем самым ускорить диффузионные процессы. В результате нагрева при некоторой температуре происходит переход из аморфного состояния в кристаллическое (T_x). Эта температура на несколько градусов выше, чем температура перехода в стеклообразное состояние $T_{ст}$. Температура перехода в стеклообразное состояние варьируется в зависимости от скорости охлаждения или нагрева, для больших скоростей охлаждения температура T_x имеет более высокое значение.

Одно из возможных условий образования металлических стекол – наличие глубокой эвтектики на диаграмме состояния «состав – температура». Для количественного определения этого состояния введен нормализованный параметр ΔT_n , определяющий отклонение температуры ликвидуса T_l от температуры, определяемой по правилу смешения жидкостей:

$$\Delta T_n = (T_{пл} - T_l) / T_{пл}, \quad (1)$$

где $T_{пл} = T_{плА} \cdot C_A + T_{плВ} \cdot C_B$;
 T_l – температура ликвидус сплава;
 C_A, C_B – концентрация элемента А;
 $T_{плА}, T_{плВ}$ – температура плавления.

Опытным путем было получено значение $\Delta T_n = 0,2$, которое отделяет стеклообразующие системы от нестеклообразующих [1]. Таким образом, ΔT_n позволяет достаточно просто определить возможность бинарного сплава к стеклованию, если известны температуры плавления его компонентов. Температура перехода в стеклообразное состояние можно считать мерой термической стабильности металлических стекол, а достаточно большое значение $T_{ст}/T_{пл}$ свидетельствует о возможности получения сплава в стеклообразном состоянии. Для большинства стекол $T_{ст}/T_{пл} \geq 0,45$, что позволяет получать стеклообразное состояние при скорости охлаждения 10^7 К/с. Для сплавов типа переходный металл – металлоид соотношение $T_{ст}/T_{пл} \geq 0,50$ [1].

Рассмотрена возможность образования металлических стекол из алюминиевых литейных сплавов АК7, АК9, АК12. Установлено, что алюминиевые литейные сплавы не склонны к образованию металлических стекол.

Список использованных источников

1. Золотухин, И.В. Физические свойства аморфных металлических материалов / И.В. Золотухин. – М.: Металлургия, 1986. – 176с.
2. Бек, Г. Металлические стекла: ионная структура, электронный перенос и кристаллизация: Пер. с англ. / Под ред. Г.–Й. Гюнтеродта и Г. Бека. – М.: Мир, 1983. – 376 с.

УДК 621.74

Разработка состава термостойкого покрытия для литья по газифицируемым моделям на базе комплексного наполнителя

Студент гр. 10405115: Можейко Д.П.

Магистрант: Чертобой В.В.

Научные руководители: Барановский К.Э., Проворова И.Б.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

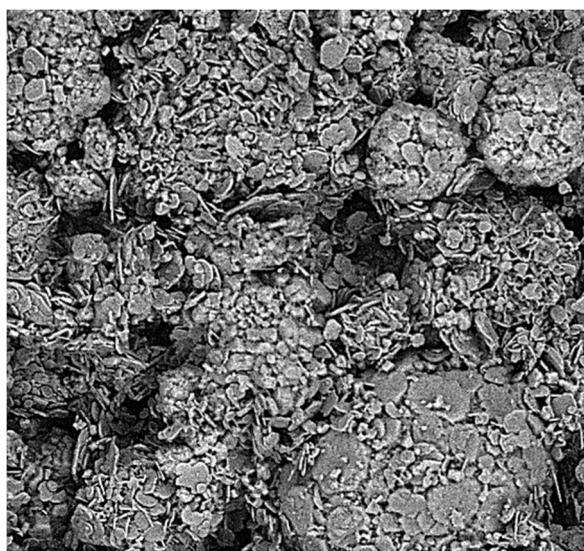
В настоящее время в связи с возросшими требованиями по точности и качеству литья для предприятий машиностроительного профиля Республики Беларусь одним из перспективных способов получения отливок является литье по газифицируемым моделям. Данный метод литья обеспечивает получение сложных отливок без использования стержней, более высокую точность и меньшую шероховатость отливок по сравнению с литьем в земляные формы, что позволяет уменьшить механическую обработку. Кроме того, технология литья по газифицируемым моделям дает возможность получить литые детали с большим количеством внутренних полостей, малыми уклонами и минимальными припусками на механическую обработку.

В сравнении с методом литья в классические песчаные формы окрашивание не только повышает качество отливок, защищая от пригара, но обуславливает принципиальную возможность получения годных отливок, так как особенностью метода является то, что в песчаной смеси отсутствуют связующие компоненты, а внутренняя полость формы образуется в процессе выгорания полистирола под воздействием высоких температур заливаемого металла. При заливке формы металлом полистирольная модель деформируется с образованием парогазовой фазы, которая должна свободно транспортироваться из зоны взаимодействия модели с металлом через покрытие, поэтому к покрытию предъявляется ряд требований: оптимальная газопроницаемость, высокая прочность на истирание, химическая стойкость. В настоящее время наиболее актуальными являются покрытия на водной основе.

Термостойкий наполнитель для таких красок представляет собой многокомпонентную систему, в состав которой входят термостойкие составляющие и технологические добавки для повышения газопроницаемости, поглощения жидкой фазы при деформации полистирола и др. В состав красок на водной основе кроме комплексного наполнителя входит связующее, которое обеспечивает прочность на истирание и вспомогательные компоненты (диспергаторы, пеногасители, загустители, ПАВ и др.) позволяющие краске отвечать следующим необходимым требованиям: хорошей адгезией при нанесении на поверхность полистирольной модели, низкой газотворностью, высокой седиментационной устойчивостью краски, равномерной толщине слоя по модели, включая отверстия и углы, хорошей кроющей способностью.

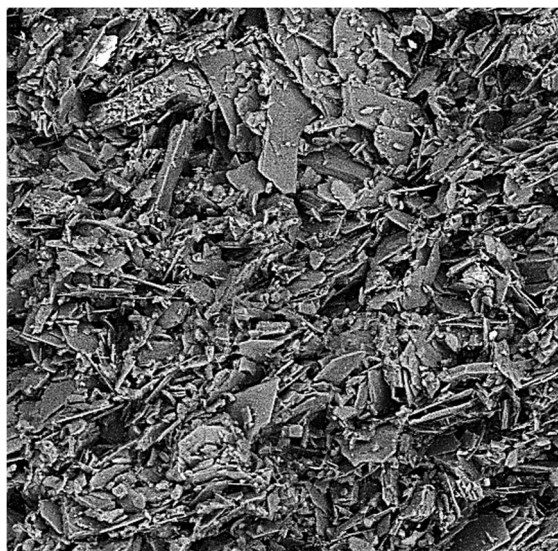
В настоящее время высококачественные покрытия для литья по газифицируемым моделям закупаются за рубежом. Основными поставщиками покрытий являются зарубежные компании: FOSECO (Англия); ASK Chemicals, FURTENBACH (Австрия); HUTTENES–ALBERTUS (Германия).

Были проведены исследования красок с разными термостойкими наполнителями. На рисунке 1 показаны изломы красок.



SEM HV: 20.00 kV WD: 11.8250 mm
View field: 494.8 μm Det: BSE Detector
SEM MAG: 401 x Date(m/d/y): 04/07/15

а



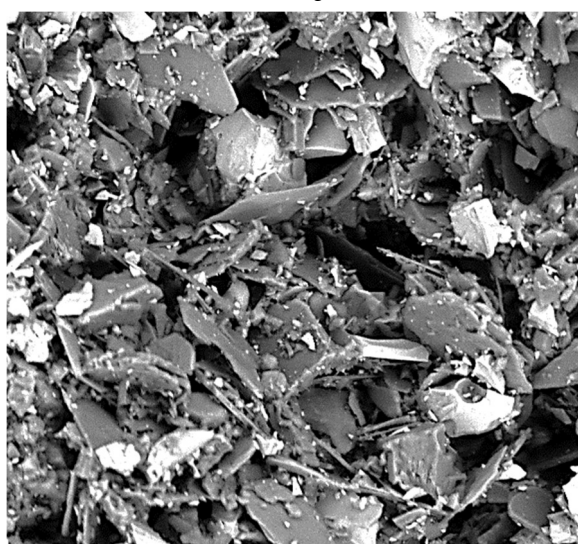
SEM HV: 20.00 kV WD: 12.1370 mm
View field: 492.4 μm Det: BSE Detector
SEM MAG: 403 x Date(m/d/y): 04/07/15

б



SEM HV: 20.00 kV WD: 8.9002 mm
View field: 495.3 μm Det: BSE Detector
SEM MAG: 401 x Date(m/d/y): 04/07/15

в



SEM HV: 20.00 kV WD: 10.2840 mm
View field: 203.6 μm Det: BSE Detector
SEM MAG: 975 x Date(m/d/y): 06/05/14

г

Рисунок 1 – Структура красок:

а – краска на основе оксида алюминия; б – краска на основе алюмосиликата;
в – краска на основе силиката циркония; г – многокомпонентная краска

Результаты исследований показали, что комбинация материалов различной формы (рисунок 1, г) (пластинчатого алюмосиликата, колотого силиката циркония и сферических конгломератов оксида алюминия) позволяют регулировать такие свойства краски как: газопроницаемость, термостойкостью, прочность в зависимости от требований к покрытию.

Студент гр. 10405114 Позняк О.А.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Литье под давлением весьма специфичный способ изготовления отливок. Высокие скорости заполнения полости металлической формы в сочетании с высоким давлением создают условия для затвердевания отливки, существенно отличающиеся от условий при литье в разовые формы и кокиль. Заполнение полости формы происходит за сотые доли секунды. Кроме этого, в момент окончания заполнения, к затвердевающей отливке прикладывается дополнительное давление – подпрессовка. Это обеспечивает достаточно плотный контакт затвердевающей отливки с рабочей поверхностью пресс-формы, что создает хорошие условия для передачи тепла от затвердевающей отливки к форме. Высокая интенсивность теплоотвода, в свою очередь, способствует измельчению структуры. При этом исследования, выполненные автором [1], показали, что указанные условия приводят к формированию очень мелкой структуры в поверхностном слое отливки глубиной 0,5–0,8 мм. При перемещении к центру отливки зерно несколько укрепляется.

Была также установлена зависимость прочности отливок, полученных литьем под давлением, от их толщины и наличия подпрессовки. Показано [1], что с уменьшением толщины стенки отливки их прочность повышается. Это объясняется влиянием поверхностной мелкозернистой зоны, относительная величина которой возрастает с уменьшением толщины отливки. Прочность отливок существенно возрастает также при использовании подпрессовки. Очевидно, что на процесс формирования прочностных характеристик отливок, полученных литьем под давлением, влияет не только структурный фактор (измельчение зерна). В очень большой степени полученный эффект, по-видимому, обусловлен образованием пересыщенного твердого раствора.

Можно предположить, что с увеличением количества газов, остающихся в твердом растворе, твердость и прочность отливок должна возрастать. Выполненные по специальной методике эксперименты позволили определить, что количество газов, фиксирующихся в отливке в твердом растворе в виде пор, при литье под давлением существенно зависит от условий литья. При увеличении скорости прессования количество газов, захватываемых металлом в полости формы и камере прессования, возрастает. Об этом свидетельствует плотность отливок, полученных литьем под давлением и подвергнутых термической обработке при 500 °С. Вместе с тем, плотность отливок до термической обработки при толщине питателя, равной толщине стенки отливки, изменяется незначительно, так как здесь создаются наиболее благоприятные условия, во-первых, для сжатия захваченных газовых включений, во-вторых, для возможно более полного взаимодействия компонентов газовой фазы затвердевающий раствор суммами.

Следует отметить также, что газосодержание отливок при увеличении толщины питателя от 1 мм до 4 мм существенно снижается. Это позволяет предположить, что часть захваченных в процессе запрессовки газов переходит в затвердевающий металл, образуя пересыщенный твердый раствор, искажающий кристаллическую решетку сплава и увеличивающий тем самым его прочность.

Список использованных источников

1. Белопухов, А.К. Технологические режимы литья под давлением. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.К. Белопухов – М.: Машиностроение, 1995. – 272 с., ил.

Современные процессы индукционной плавки

Студент гр. 10405316 Борковский Н.В.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Установки индукционной плавки черных и цветных металлов и сплавов зарекомендовали себя как высокоэффективные электроплавильные устройства, позволяющие вести разнообразные процессы, такие как расплавление, рафинирование и т.д. Коэффициент полезного действия индукционных тигельных печей имеет достаточно высокий показатель по сравнению с другими электроплавильными установками. Вместе с тем, несмотря на существенный ряд достоинств индукционных тигельных печей (ИТП), им присущи некоторые недостатки, что обусловило интенсивный поиск решений по созданию принципиально новых плавильных агрегатов на базе ИТП, совмещающих в себе несколько технологий [1].

Известно, что немаловажным фактором, влияющим на протекание процессов в расплаве и, в конечном итоге, на качество готовой металлопродукции, является циркуляция расплава в тигле. В связи с этим в работе рассмотрены современные конструкции индукционных печей:

- с установленным в нижней части печи электромагнитным устройством – статором, создающим вращающееся магнитное поле, что обеспечивает интенсивное взаимодействие металла с загружаемой сверху порошкообразной шихтой и быстрое протекание металлургического процесса;

- плавильная установка, совмещающая в себе индукционные тигельную и канальную печи. В этой конструкции для повышения интенсивности циркуляции расплава традиционная ИТП дополнена канальной частью, в которой, как известно, можно добиться достаточно интенсивного движения металла;

- конструкция, совмещающая в себе индукционные тигельную и канальную печи, но имеющая также систему бокового слива металла.

Для обеспечения более интенсивной циркуляции расплава, а также для придания расплаву других, не свойственных обычным ИТП, видов движения металла авторами работы [2] были проведены исследования по совмещению ИТП с другими электрическими машинами, в частности – с линейными асинхронными двигателями, которые могут обеспечить бесконтактное силовое воздействие на расплав, придавая ему поступательное, вращательное или любое другое движение в рамках заданного тиглем объема, на основании чего предложена конструкция турбоиндукционной тигельной печи. Установка выполнена на базе индукционной тигельной печи с традиционными пропорциями тигля, что обеспечивает высокую эффективность индукционного нагрева загрузки. Существенным отличием индуктора ИТП является то, что его питание может быть, как однофазным, так и трехфазным, скорость и направление перемешивания расплава могут быть изменяемыми. Тигель предлагаемой установки имеет в верхней части дополнительную чашу большего диаметра, в которой производится вращение расплава с целью образования лунки, в которую загружается мелкая шихта и производится химическая реакция расплав–шлак. Вращение металла в чаше обеспечивается за счет индуктора – линейного асинхронного двигателя кругового типа, установленного по периметру нижней кольцеобразной стенки чаши, и создающего бегущее по окружности магнитное поле. Установка может быть герметизирована для использования специальных атмосфер, а также может быть оснащена дополнительными газовыми или плазменными горелками для расплавления или подогрева исходного сырья. Учитывая все приведенные аргументы, можно сделать заключение о том, что предложенный вариант турбоиндукционной плавильной

установки является развитием направления индукционных плавильных установок с дополнительным силовым электромагнитным воздействием на расплав.

Предложенные системы электропитания индукторов нагревателя и вращателя позволяют получить значительно большее число вариантов организации движения расплава и, следовательно, реализовать большее число специальных металлургических процессов с получением сплавов с лучшими эксплуатационными показателями.

Список использованных источников

1. Турбоиндукционный плавильный агрегат. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://market.elec.ru>.

2. Сарапулов Ф.Н., Лузгин В.И., Петров А.Ю. и др. Многофункциональный плавильный агрегат для реализации новых технологий в условиях миниметаллургических предприятий и литейных цехов крупных машиностроительных заводов // Литейщик России. – 2004 – № 10.

УДК 669.18

Развитие технологий производства листового проката в условиях металлургических мини-заводов

Студент гр. 10405314 Бобков Е.С.

Научный руководитель – Трусова И.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В работе описаны основные виды листового проката, область применения, достоинства и недостатки. Рассмотрены технологии производства листовой продукции в условиях металлургических заводов с полным циклом (агломерационное производство – доменная печь – конвертер – разливка на МНЛЗ или в изложницы – прокатка) и на металлургических мини-заводах (ДСП – внепечная обработка – МНЛЗ – прокатка).

Анализ существующей технической литературы показал, что в последнее время развитие технологий получения листового проката осуществляется на базе металлургических мини-предприятий. Это обусловлено быстрым развитием конструкций машин для непрерывной разливки стали на тонкий сляб или непосредственно на полосу, в максимальной степени адаптированных к современным требованиям к качеству получаемой металлопродукции. Следует отметить, что при этом выход годного листа повышается в среднем на 7–8 % по сравнению с прокаткой толстого непрерывнолитого сляба.

Фактически этап развития мини-заводов по производству листового проката начался в 1989 г., когда в США компания «Nucor» ввела в эксплуатацию завод, оснащенный электродуговыми печами и МНЛЗ для получения сляба толщиной 50 мм. При этом слябы передавались непосредственно на стан горячей прокатки. Этот процесс получил название CSP (Compact Strip Production).

На тонкослябовых установках следующего поколения реализован прием обжатия заготовки с жидкой сердцевиной непосредственно под кристаллизатором (до толщины менее 35 мм) и последующей прокатки на лист толщиной менее 1 мм. Это позволило уменьшить число клетей стана горячей прокатки и создать достаточно компактное производство.

В последующем разработана и реализована технология CSP второго поколения, включающая литье, обжатие и прокатку. Такой процесс получил название CPR (Casting–Pressing–Rolling) [1]. При этом сечение в зоне мениска кристаллизатора приближается к характерному для классических слябовых МНЛЗ.

Фирмой «Mannesman Demag Hutten–Technic» разработан процесс ISP, который аналогичен процессу CSP. При этом тонкий сляб толщиной 60 мм выходит из кристал-

лизатора и подвергается на участке опорных роликов мягкому обжатию до толщины 45 мм. Затем сляб прокатывается на полосу, толщиной 15–20 мм и после индукционного подогрева подвергается смотке.

Сопоставление способов CSP и ISP показало, что в последнем случае используется меньшая установочная длина МНЛЗ, а также имеется возможность дополнительного производства полосы для более толстых листов путем ответвления части потока металла после первой деформации.

Еще одной разновидностью является технология TSP (Tippins Strip Process), заключающаяся в получении литых слябов средней толщины (100–150 мм), пропуске их через печь и прокатке на стане Стеккеля на полосу толщиной до 1,2 мм [2]. Основными преимуществами такой технологии является высокое качество продукции и более высокая производительность. Вместе с тем, отмечаются более высокие удельные затраты на капитальные вложения.

В настоящее время количество мини-заводов в мире для получения тонких слябов и слябов средней толщины оценивается на уровне 50–55 штук, при этом около 80 % из них оснащено тонкослябовыми МНЛЗ. Основная доля таких заводов приходится на США (~ 40 %), Западную Европу (18 %) и развивающиеся страны (27%).

В работе рассмотрены наиболее распространенные технологии получения листовой продукции. Обобщая рассмотренные источники технической литературы, можно отметить, что технология прямой отливки тонкого листа исключает такие операции традиционного процесса, как отливка и зачистка слябов, их повторный нагрев и прокатку, что, безусловно, является преимуществом технологии получения листовой продукции в условиях металлургических мини-заводов.

Список используемых источников

1. Дукмасов В.Г., Агеев Л.М. Состояние и развитие технологии и оборудования в мировой черной металлургии: Справочное издание. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 187 с.
2. TSP – новый способ отливки и прокатки тонких слябов // Новости черной металлургии за рубежом. 1995. – № 9. – С. 69–73.

УДК 669.14.018.292:621.74.047

Повышение качества непрерывнолитой заготовки

Студент гр. 10405314 Бородейко Д.А.
Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В докладе описаны основные типы конструкций машин непрерывного литья заготовок (далее МНЛЗ), их конструкционные и технологические особенности [1]. Рассмотрена общая технология разлива стали на МНЛЗ, ее преимущества перед разливкой в изложницы [2].

Проанализированы основные типы дефектов непрерывнолитой заготовки (далее НЛЗ) с целью повышения качества НЛЗ.

Одним из современных методов повышения качества НЛЗ является применение мягкого обжатия. Согласно работе [3], мягкое обжатие может применяться для устранения дефекта осевой химической неоднородности (ОХН), при этом воздействие мягкого обжатия приводит к снижению уровня ОХН примерно на 50–55 %. Уточнение места приложения обжатия на технологическом канале МНЛЗ и корректировка величины обжатия позволяет улучшить качество осевой зоны как НЛЗ, так и горячекатаного листа [4].

На примере разливки слябовых заготовок рассмотрены главные причины возникновения дефектов поверхности [5], при этом представлена общая схема зарождения и развития поверхностных трещин.

Рассмотрены исследования по влиянию различных примесей (газов, металлов, неметаллических включений) на качество НЛЗ. Так, изучение влияния углерода и малых концентраций примесей цветных металлов на качество НЛЗ позволило установить, что с увеличением массовой доли углерода в стали растёт количество и степень развития поверхностных трещин; определить предельные концентрации примесей цветных металлов, не оказывающие видимого влияния на качество НЛЗ. На основании исследований авторами разработан ряд технологических мероприятий, позволяющий избежать или существенно уменьшить количество и развитие поверхностных дефектов НЛЗ [6].

На загрязнённость металла НЛЗ может оказывать влияние технология сталеплавильного производства. В основном к загрязнению металла крупными неметаллическими включениями (НВ) приводят нарушение технологии непрерывной разливки стали и неоптимальная технология модифицирования [7]. Для получения металла с повышенными требованиями по НВ технология внепечной обработки и непрерывной разливки стали должна соблюдаться в полном объёме, контроль должен осуществляться с максимальным применением средств автоматизации.

Современные направления повышения качества горячекатаного проката включает устранение дефекта ликвационной неоднородности НЛЗ. Достигается это добавлением НВ новых типов, способствующих повышению качества НЛЗ и проката из высокопрочных низколегированных сталей. НВ нового типа формируются в процессе кристаллизации и благоприятным образом влияют на структуру НЛЗ (снижение степени ликвации, способствование формированию благоприятной осевой зоне проката, повышение хладостойкости, стойкости против водородного растрескивания), которая наследуется в прокат [8].

Одним из направлений повышения качества НЛЗ является использование моделей и управление качеством с применением модели в области нейротехники. Промышленным опробованием, на примере создания модели прогнозирования и подавления дефектов осевой ликвации, показано, что разработки в области нейротехники обеспечивают создание достаточно надёжных автоматизированных систем прогноза дефектов НЛЗ в режиме реального времени разливки стали. Представлена технология разливки слябовых заготовок с вводом расходуемых макрохолодильников в кристаллизатор для подавления внутренних дефектов [9].

На осевую ликвацию также оказывает влияние повышенный перегрев металла относительно температуры ликвидус при разливке, который дополнительно способствует увеличению трещиностойкости заготовок, развитию столбчатой структуры слитка и центральной пористости [10]. Использование плазменного подогрева стали в промежуточном ковше при непрерывной разливке позволяет снизить степень перегрева стали при разливке, что повышает средний уровень показателей пластичности и ударную вязкость, а также приводит к уменьшению разброса этих величин как по ширине, так и по высоте сляба.

Список использованных источников

1. Смирнов, А. Н. Непрерывная разливка стали: учебник / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. В. Штепан – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с. – рус.
2. Конспект лекций по дисциплине «Металлургия стали» / Авт. Зборщик А. М. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2008. – 238 с.
3. Самойлович, Ю. А. Влияние мягкого обжата на структуру непрерывнолитых слябов / Ю. А. Самойлович // *Металлург.* – 2009. – № 2. – С. 60–64.
4. Совершенствование технологии мягкого обжата непрерывнолитых слябов из трубной заготовки / С. В. Прохоров [и др.] // *Металлург.* – 2012. – № 2. – С. 59–61.

5. Сивак, Б. А. Проблемы качества поверхности непрерывнолитых слябов / Б. А. Сивак // *Металлург.* – 2012. – № 5. – С. 64–67.
6. Исаев, О. Б. Влияние углерода и малых концентраций примесей цветных металлов на качество непрерывнолитой заготовки / О. Б. Исаев // *Металлург.* – 2009. – № 9. – С. 68–72.
7. Производство трубной непрерывнолитой заготовки без крупных неметаллических включений / А. А. Сафронов [и др.] // *Сталь.* – 2016. – № 6. – С. 22–27.
8. Влияние неметаллических включений новых типов на качество непрерывнолитых заготовок и проката из высокопрочных низколегированных сталей / И. Г. Родионова [и др.] // *Металлург.* – 2016. – № 7. – С. 48–53.
9. Голенков М. А. Повышение качества непрерывнолитой заготовки путём прогнозирования и подавления дефектов осевой ликвации / М. А. Голенков, В. М. Паршин, А. Д. Чертов // *Сталь.* – 2015. – №5. – С. 39–44.
10. Исследования макроструктуры и механических свойств стали, разлитой с применением плазменного подогрева в промежуточном ковше МНЛЗ / Э. Х. Исакаев [и др.] // *Металлург.* – 2013. – № 5. – С. 69–74.

УДК 621.74.08

Основные направления совершенствования ваграночных процессов

Студентка гр. 10405314 Роскач А.И.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время коксовые вагранки по-прежнему являются основным агрегатом для получения чугуна в условиях машиностроительного производства. Вместе с тем, в последнее время в силу различных причин отмечается ухудшение качества кокса из-за большого количества мелочи, большой зольности и т.д., что снижает теплоту его сгорания. В связи с этим изучены пути поиска альтернативных видов топлива для вагранок, имеющих более высокую теплоту сгорания [1, 2].

Например, в работе [1] показано, что в настоящее время для использования стал до ступен антрацит с высокой механической прочностью и термической устойчивостью. Такой антрацит в 3–4 раза дешевле кокса, что открывает возможность его эффективного использования в комбинированных по составу топливных калошах, включающих кокс и антрацит, при выплавке чугуна в вагранках. С повышением содержания антрацита в составе топливной калоши от 10 до 50 % обеспечивается увеличение температуры жидкого чугуна от 1410 до 1450 °С. При этом, как показали расчеты, достигается экономия кокса от 10 до 67 % при постоянной металлозавалке. Однако оптимальной следует считать добавку антрацита 10–20 %, при этом температура чугуна повышается на 10–20 °С, а экономия кокса составляет 10–25 %, что подтверждается результатами проведения плавки чугуна с использованием антрацита во всех литейных цехах завода.

Также рассмотрены такие традиционные мероприятия модернизации вагранок, как подогрев воздушного дутья, охлаждение плавильного пояса шахты вагранки, очистка и дожигание газов, механизация и автоматизация работ по загрузке шихты в вагранки.

Для нагрева дутья можно использовать как уходящие ваграночные газы, так и дополнительное топливо, причем устройства для подогрева могут быть вмонтированы в шахту вагранки выше (на уровне) завалочного окна или установлены отдельно от вагранки.

Водяное охлаждение плавильного пояса позволяет сохранить внутренний диаметр вагранки практически неизменным на всем протяжении плавки. Этим самым обеспечивается стабильность ваграночного процесса, т.е. количество и качество выплавляемого

чугуна, при данных расходах топлива и дутья. Кроме того, снижаются эксплуатационные затраты и расход огнеупоров на ремонт футеровки.

Система механизации и автоматизации работ по загрузке шихты в вагранки основана на применении специализированных цифровых корректирующих и самонастраиваемых устройств. В последнее время все шире применяют непрерывную загрузку шихты в вагранку. Непрерывная загрузка обладает всеми преимуществами поточного процесса и позволяет создавать простые и надежные схемы автоматизации процесса взвешивания и загрузки шихты.

Из всего разнообразия технологий переработки и утилизации металлургических материалов подтвердила свою осуществимость и экономическую значимость на промышленном уровне технология *ОХУ Сир*. Технология *ОХУ Сир* позволяет получать горячий металл, шлак и отходящие газы – материалы, хорошо известные в черной металлургии. Следует отметить, что для этого не требуется никаких изменений в производственном оборудовании.

Список использованных источников:

1. Лукашевич, С. Ф. Совершенствование технологии выплавки чугуна в вагранках / С. Ф. Лукашевич, В. К. Филипчик, Л. З. Писаренко, В. А. Хацкевич // *Литье и металлургия*. – 2006. – № 4. – С. 130–132.

2. Чернышов Е. А. Плавильные печи литейных цехов. Ч. 1. Вагранка / Е.А. Чернышов – Нижний Новгород, 2011 г.

УДК 621.74

Использование вторичных энергоресурсов в металлургии и машиностроении

Студентка гр.10405314 Мурашко А.Ю.

Научный руководитель – Кабишов С.М.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Многие отрасли народного хозяйства располагают значительным резервом топливных и тепловых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), занимающих значительное место в их топливно-энергетическом балансе. Наибольшими тепловыми ВЭР располагают предприятия черной и цветной металлургии, а также химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей.

В данной работе рассмотрено использование ВЭР применительно к металлургии и машиностроению. Следует отметить, что в этих отраслях используется около 90 % теплоты высокого потенциала (с температурой более 350 °С), при этом 33 % идет на плавку сплавов и металлов, 40 % – на нагрев и около 20 % – на обжиг руд и минерального сырья.

Общеизвестно, что ВЭР делятся на: горючие (обладающие химической энергией), тепловые (обладающие физической теплотой) и ВЭР избыточного давления.

Топливные ВЭР в условиях металлургических предприятий полного цикла используются практически на 100 %. Так, например, для крупных металлургических предприятий только 35 % используемого топлива поступает со стороны (природный газ, мазут, энергетический уголь), а остальное производится на заводах отрасли и используется в качестве ВЭР (коксовая продукция, коксовый и доменный газы, шлак и др.).

Тепловые ВЭР образуются за счет физической теплоты уходящих газов плавильных и нагревательных печей, а также за счет физической теплоты полупродукта. При этом готовый продукт или полупродукт содержит физическую теплоту: агломерат – 0,63 ГДж/т; кокс – 1,26 ГДж/т; жидкий чугун – 1,05 ГДж/т; жидкая сталь – 1,26 ГДж/т; жидкий шлак – 0,84 ГДж/т; прокат – 0,5 ГДж/т.

Физическое тепло полупродукта может быть использовано по следующим направлениям:

- регенерация тепла с возвратом в данный процесс (например, использование «болота» при выплавке стали в ДСП);
- технологическое использование тепла в последующем процессе (например, использование теплоты жидкого чугуна при последующем получении стали в кислородном конвертере, использование теплоты «горячих» слитков и неполностью затвердевших слитков при дальнейшем нагреве в нагревательных колодцах и др.). Следует отметить, что наиболее полное использование тепла жидкой стали обеспечивается при разливке на МНЛЗ в условиях металлургических мини-заводов. Например, использование МНЛЗ по сравнению с традиционными методами разливки эквивалентно экономии 60 кг коксующегося угля, 52 кг нефти, 40 м³ природного газа и 9 м³ кислорода;
- энергетическое использование тепла (например, получение пара и горячей воды в котлах-утилизаторах для нужд предприятия).

УДК 621.74.08

Интенсификация плавки в ДСП

Студент гр. 10405314 Ярошевич П.В.

Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В работе рассмотрены методы интенсификации процессов выплавки стали в печах большой емкости применительно к современному металлургическому производству.

Основное внимание уделено изучению элементов технологии высшего технического уровня (ТВУ). Показано, что применение ТВУ позволяет интенсифицировать процессы тепло- и массообмена в печи, увеличить производительность, повысить качество металлопродукции. Рассмотрены следующие элементы ТВУ [1]:

1. Донный и эркерный выпуск стали. Такой выпуск помимо отсечки шлака обеспечивает сокращение длительности плавки на 4–5 мин, наличие в печи части жидкого металла и шлака от предыдущей плавки, уменьшение нагрева металла на 25–30 °С, снижение расхода электродов на 6 % и электроэнергии на 20–30 кВт·ч/т, повышение качества стали.

2. Плавка с «жидким стартом». Этот технологический элемент плавки рассматривался вначале как способ надежной отсечки шлака при выпуске плавки, но вскоре он стал необходимым приемом, когда выявились его собственные достоинства: остаток металла закрывает подину и защищает ее от возможности прожога мощными дугами, что позволяет в течение 1–2 мин выйти на предельную мощность печи; оставшийся шлак способствует ускорению наведения шлака последующей плавки и устойчивому горению дуг, обеспечивает возможность интенсивного вдувания кислорода с самого начала плавки. Работа с «болотом» позволила заметно увеличить среднюю потребляемую мощность за счет увеличения мощности в начальный период плавления.

3. Водоохлаждаемые элементы печи. Позволяют обеспечить интенсивный ввод энергии в дуговую печь и соответственно уменьшить время плавки. Следует отметить, что это приводит к увеличению расхода электроэнергии на 10–20 кВт·ч/т, но одновременно с этим в 10–15 раз снижается расход огнеупоров, на 10–15 % уменьшается расход электродов, улучшается ремонтоспособность печей и в результате повышается их производительность.

4. Продувка кислородом и наличие известкового основного шлака в начальный период плавления и относительно низкая температура металла способствуют переходу фосфора в шлак. Самопроизвольный сход шлака через порог печи и обновление его за счет периодической присадки шлакообразующих через свод ускоряют и облегчают процесс дефосфорации.

5. Вспенивание шлака и вдувание углеродосодержащих материалов. Обеспечивает повышение степени передачи энергии электрической дуги к ванне (от 50 до 100 %).

Кроме того, когда дуги погружены в шлак, значительно уменьшаются колебания силы тока и напряжения, что позволяет увеличить подводимую мощность и длину дуг.

6. Предварительный подогрев лома ускоряет процесс плавления за счет физического тепла, внесенного металлоломом. При этом достигается снижение расхода электроэнергии при выплавке одной тонны стали с 410 кВт·ч/т для обычной ДСП до 210–250 кВт·ч/т для печей с предварительным нагревом шихты.

7. Применение топливно-кислородных горелок в «холодных» зонах печи обеспечивает выравнивание фронта плавления по сечению печи, интенсифицирует процесс, снижает расход электроэнергии и электродов. Количество ТКГ для высокомошных печей может достигать 9, при этом дополнительная энергия от ТКГ составляет 30–50 кВт·ч/т в крупных печах и 90–120 кВт·ч/т в малых дуговых печах.

8. Присадка науглероживателей в свежую шихту, на «болото» металла или инжекция угольного порошка в сочетании с интенсивной продувкой кислородом на протяжении всего периода плавления снижают энергозатраты.

9. Дожигание СО в рабочем пространстве дуговой печи. Положительно влияет на электрические характеристики дуг печи: увеличивается активная мощность печи и коэффициент мощности. Кроме того, повышается температура и происходит более равномерное распределение теплоты в нерасплавленном ломе в периферийной зоне, образуется более обширная ванна жидкого металла в центре печи и быстрее формируется активный вспененный шлак, экранирующий дуги, что приводит к более высокому энергоподводу в конце плавления и период рафинирования и, следовательно, к повышению производительности печи.

Следует отметить, что одной из последних разработок в области интенсификации процессов выплавки, которая продолжает развиваться, является система «Consteel» [2]. В конкретном процессе присутствуют многие элементы ТВУ, в частности, используется предварительный нагрев металлошихты, применяется «болото» (в количестве 50–55 %), непрерывная загрузка шихты, погружение электрической дуги во вспененный шлак, нагрев лома в жидкой ванне за счет конвекции и др. Кроме того, установки «Consteel» отличаются пониженным уровнем шума, образованием меньшего количества пыли.

Список использованных источников

1. Рациональные способы интенсификации плавки в современных дуговых сталеплавильных печах / Ю.А. Гудим [и др.] // Вестник ЮУрГУ. – 2008. – № 9. – С. 10–13.
2. Белковский, А.Г. Современное состояние и тенденции развития технологии производства стали в ДСП и их конструкций / А.Г. Белковский, Я.Л. Кац, М.В. Краснянский // Бюллетень «Черная металлургия». 2013. – № 3. – С. 72–88.

УДК 669.1

Повышение энергоэффективности работы металлургических печей

Студентка гр. 10405314 Крисеева Н.А.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время перед белорусскими машиностроительными предприятиями стоит задача модернизации печного парка с целью повышения энергоэффективности работы промышленных агрегатов. В результате многолетнего опыта эксплуатации нагревательных и плавильных печей, а также опираясь на экспериментальные исследования, полученные в условиях действующего производства, выяснилось, что не всегда

за счет использования современного оборудования и материалов можно добиться желаемого результата в плане сокращения энергозатрат. Энергосбережение – именно та позиция, с которой сегодня необходимо рассматривать деятельность любого предприятия. В Республике Беларусь энергетическое обследование потребителей топливно–энергетических ресурсов (ТЭР) является обязательным, его проведение определено Законом РБ от 08.01.2015 № 239–3 «Об энергосбережении» [1]. Для оценки всех аспектов деятельности предприятия, связанных с затратами на энергию, топливо, воду и некоторые энергоносители, проводят энергетическое обследование (энергоаудит) организаций, к основным задачам которого относят оценку эффективности использования ТЭР и определение реального потенциала энергосбережения, выработку обоснованных предложений по переходу на прогрессивные нормы расхода и определение возможных направлений экономии ТЭР, разработку энергосберегающих мероприятий и паспорта объекта обследования.

Повышение энергоэффективности работы промышленных печей напрямую взаимосвязано со снижением энергопотерь в агрегатах, поэтому для ликвидации излишнего расхода энергии необходимо изучение причин, вызывающих эти потери. Основными удельными показателями для энергетической оценки экономичности работы агрегатов являются суммарные потери подведенной мощности, удельный расход по отношению к производительности агрегата, удельный расход по отношению к выпуску продукции, коэффициент полезного действия агрегата.

В результате анализа работы белорусских промышленных предприятий выяснилось, что у них имеются значительные резервы экономии топлива и энергии, которые должны быть реализованы с целью повышения энергоэффективности. В значительной мере это зависит от действенности экономических инструментов повышения энергоэффективности, к которым относятся нормирование энергопотребление, тарифы на энергию, материальное стимулирование повышения энергоэффективности и др. В соответствии с законом РБ об энергосбережении № 239–3 государством осуществляется надзор и оценка соответствия в сфере энергосбережения, а также проводится государственная экспертиза в данной сфере [2]. В целом, поставлена задача снизить энергопотребление в промышленности к 2020 году на 15–20 %, что соответствует примерно 3 % снижению потребления в год. Осуществляется стимулирование энергосбережения в соответствии с законодательством в виде государственной поддержки производителей и потребителей топливно–энергетических ресурсов, финансирования программ в сфере энергосбережения за счет средств республиканского и местных бюджетов, гарантированного подключения к государственным энергетическим сетям источников электрической энергии, проведения гибкой тарифной политики платежей за ТЭР, предоставления налоговых, таможенных (с учетом международных обязательств Республики Беларусь) и иных льгот, создания необходимых условий для функционирования системы мотивации руководителей и работников организаций к ведению работы по энергосбережению.

Список использованных источников

1. Национальный Интернет–портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://masterskaya.by>.
2. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» (от 08.01.2015 № 239–3).

**Анализ использования вторичных материальных ресурсов
в металлургии и машиностроении**

Студентка гр. 10405314 Менчицкая Т.Н.
Научный руководитель – Трусова И.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В данной работе рассмотрены пути использования вторичных материальных ресурсов, в частности твердых (лом, стружка, окалина), жидких, газообразных.

Общеизвестно, что среди твердых вторичных материальных ресурсов основным источником является металлический лом [1], среди жидких наиболее полно в металлургии перерабатываются шлаки, а газообразные вторичные материальные ресурсы используются далеко не полностью.

Сбор лома черных металлов (сталь и чугун) и их переработка в качественное сырье для металлургической отрасли позволяют экономить ценные природные ресурсы (в первую очередь, железную руду), а также снижают количество вредных выбросов в атмосферу. Например, использование 1 т подготовленного лома черных металлов позволяет экономить свыше 1,8 т руды, агломерата и окатышей, 45 кг флюсов [2]. Металлический лом составляет значительную часть для выплавки металла в дуговых, индукционных печах. Стружка нашла применение в литейных цехах машиностроительных заводов. Для подготовки стружки к использованию возможны следующие технологические схем: брикетирование чугуновой стружки с легирующими и шлакообразующими добавками и плавка брикетов в вагранке (добавляется в определенном соотношении с ломом); брикетирование стальной стружки и плавка брикетов в ДСП (также добавляется в определенном соотношении с ломом); плавка чугуновой и стальной стружки россыпью и в виде брикетов в индукционных печах [3].

Наиболее перспективной при использовании собственных отходов является индукционная плавка и плавка в ротационных наклоняющихся печах [4]. Конструкция индукционных печей позволяет вести нагрев и расплавление кусковой шихты по всему объему тигля, а плавка на промышленной частоте создает в жидком расплаве гидродинамические потоки, дающие возможность замешивать в расплаве легковесную шихту. Это позволяет в печах типа ИЧТ плавить на болоте до 20–30 % стружки россыпью.

Ротационные наклоняющиеся плавильные печи выходят на лидирующее место в металлургии вторичных цветных сплавов: при производстве алюминиевых, цинковых, свинцовых, медных и других сплавов из стружки, мелкого скрапа, шлама, шлака и т.д. [5]. Расширяется применение РНП и при получении черных сплавов, в первую очередь, чугуна. Термический к.п.д. РНП при переплавке стружки достигает 50–55 %, что в 2–4 раза превышает термический к.п.д. барабанных, индукционных, дуговых печей, печей отражательного типа и пр. [6]. При этом следует отметить, что в индукционных и дуговых печах плавка при 100 % завалке стружки вообще невозможна. РНП дает возможность активного проведения всех металлургических процессов: восстановления, окисления, расплавления, перемешивания расплава, рафинирования, модифицирования и т.д.

Одной из важнейших проблем на металлургических предприятиях во всем мире является утилизация отходов производства, среди которых основная доля приходится на металлургический шлак, образующийся при выплавке металла. В настоящее время ежегодно на предприятиях мировой металлургии образуется и отправляется в отвалы 300 млн. т металлургического шлака. При этом удельный выход только сталеплавильного шлака составляет в среднем от 150 до 200 кг/т стали, что соответствует ежегодному увеличению шлаковых отвалов на 200–300 млн. т.

В настоящее время металлургические шлаки после их переработки используются в строительной отрасли, для производства теплоизоляционных материалов, минеральных удобрений. Среди множества способов переработки шлаков можно отметить новый способ переработки жидких рафинировочных (распадающихся) шлаков, внедренный впервые в России на литейно–прокатном комплексе «ОМК–Сталь» (г. Выкса Нижегородской обл.) [7].

Вместе с тем, несмотря на значительный прогресс в области технологий переработки шлаков, кардинальное решение проблемы возможно лишь при создании принципиально новых малоотходных технологических процессов.

Список используемых источников

1. Н.Л. Удальцова. Проблема качества переработки лома и отходов черных металлов / Н.Л. Удальцова: Всероссийский заочный финансово–экономический институт , 2009. – 238 с.
2. Валуев Д.В. Технологии переработки металлургических отходов / Д.В. Валуев, Р.А. Гизатулин. – Томск: изд-во Томского политехн. ун-та, 2012. – 196 с.
3. Батышев К.А. Синтетический чугун и переработка металлических отходов / К.А. Батышев // Рынок вторичных металлов, 2006. – № 5/37. – С. 33–35.
4. Лузгин В.И. Индукционные печи средней частоты нового поколения / В.И. Лузгин, А.Ю. Петров. Л.И. Фаерман // Черные металлы, 2006. – С. 14–25.
5. Новичков С.Б. Теория и практика переработки отходов алюминия в роторных наклонных печах: дис. ... д–ра техн.наук / С.Б. Новичков. – Иркутск, 2008. – 348 с.
6. Ровин С.Л. Рециклинг металлоотходов в ротационных печах / С.Л. Ровин. – Минск: БНТУ, 2015. – 382 с.
7. В России внедряют новые технологии переработки металлургических шлаков [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://rg.ru/2013/11/08>.

УДК 621.74

Анализ технологий внедоменного производства чугуна

Студентка гр.10405314 Горбаль М.С.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время в металлургии основным агрегатом для производства чугуна является доменная печь, топливом для которой является кокс. Производство кокса во многом предопределяется мировыми запасами коксующихся углей. Например, балансовые запасы коксующихся углей в России составляют 47,3 млрд т, однако только незначительная их часть характеризуется благоприятными условиями отработки. В итоге на сегодняшний день практически все коксохимические предприятия испытывают дефицит коксующихся углей особо ценных марок. Кроме того, коксохимическое производство представляет собой один из основных источников загрязнения окружающей среды. Указанные обстоятельства обусловили развитие и создание новых технологий внедоменного производства чугуна [1]. Несмотря на то, что процент выплавляемой стали в мире по бескоксовой технологии к настоящему времени составляет всего 7–8 %, данное направление является наиболее перспективным.

На текущий момент технологии черной металлургии, связанные с внедоменным получением чугуна, можно условно разделить на две группы:

– комбинированные процессы, в которых стадии предварительного восстановления, довосстановления и плавления разделены, и протекают в двух и более агрегатах, последовательно связанных между собой (Corex, Finex, DIOS, AISI, CCF, Hismelt, HIsarna);

– одностадийные процессы, в которых процессы восстановления, плавления и рафинирования металла протекают в одном агрегате (Ромелт, AusIron, Technored, I-Meltor, Магма) [2].

При выборе методов получения чугуна и полупродукта руководствуются соотношением себестоимостей единиц теплоты кокса (традиционный способ получения чугуна) и альтернативного вида топлива (природного газа, угля). Оценка энергопотребления на производство различных видов полупродукта и готовой металлопродукции может быть осуществлена с использованием понятия технологического топливного числа (ТТЧ) [3]. Например, при производстве передельного и литейного чугуна традиционным методом (доменный процесс) ТТЧ составляет 1050–1150 кг у.т/т, что свидетельствует о высокой энергоёмкости доменного чугуна.

Сравнение энергозатрат на производство металла одностадийным способом (кислородный конвертер) и двух- и трехстадийными процессами свидетельствует о преимуществах процесса Corex (таблица 1).

Таблица 1 – Энергозатраты на разные типы процессов получения металла, ГДж/т

Тип процесса	I	II	III	Электроплавка	Доменная печь
Расход, ГДж/т	26,5–29,9	13,3–14,5	15,5–16,5	16,3–17,2	14,7

Следует также отметить, что отходящий из восстановительного реактора установки Corex газ имеет высокий энергетический потенциал (теплота сгорания 6,7–8,0 МДж/м³, количество образующегося газа – более 2 тыс. м³/т чугуна). Колошниковый газ может использоваться для энергетических целей (на ТЭЦ, в качестве восстановительного газа или для получения синтез-газа и т.д.).

Таким образом, на сегодняшний момент процесс Corex является единственным из альтернативных процессов производства чугуна, который достаточно широко внедрен в промышленность (в Южной Африке, Индии, Южной Корее, Китае (Baosteel) [4].

Вместе с тем, существует много предложений и патентов, связанных с внедоменным производством чугуна, которые в настоящее время проходят промышленную и опытно-промышленную проверку. Поэтому пока еще затруднительно окончательно оценить результаты ведущихся во многих странах исследований в этом направлении.

Список использованных источников

1. Информационно-тематический портал [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://mashmex.ru>. – Дата доступа: 02.03.2018.
2. Курунов И.Ф. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа / И.Ф. Курунов, Н.А. Савчук. – М.: Черметинформация, 2002. – 198 с.
3. Лисиенко В.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочник / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. – М: Теплотехник, 2003. – 833 с.
4. Шкурко Е.Ф. Анализ внедоменных и бескоксовых процессов получения железа из руд / Е.Ф. Шкурко, В.С. Валавин, С.А. Макеев // Каталог статей «Черная Металлургия: состояние и перспективы». Специальный выпуск: Институту «Черметинформация» 70 лет. – 2013. – С. 112–124.

**Анализ индукционного и газового нагрева заготовок
перед пластической деформацией**

Студенты гр.10405316 Шараев А.В., Косьян Д.Н.
Научные руководители – Кабишов С.М., Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время на металлургических и машиностроительных предприятиях перед пластической обработкой заготовок используются различные нагревательные печи, среди которых можно выделить топливные и электрические. Известно, что эти нагревательные устройства отличаются в первую очередь по физическим принципам нагрева, и, следовательно, по конструкции, капитальным и эксплуатационным затратам.

Рассмотрены основные достоинства и недостатки электрических и топливных нагревательных устройств, их области применения. Показано, что индукционные нагреватели обладают рядом преимуществ, в частности: возможность осуществления прямого («глубинного») нагрева материалов и значительное увеличение его скорости по сравнению с печами косвенного нагрева, где изделия нагреваются только через поверхностный слой; источник нагрева, являясь холодным (его температура обычно 60–70 °С, кроме того, он может быть вынесен из рабочего пространства печи) и осуществляя бесконтактный нагрев, не вносит никаких загрязнений в атмосферу печи; максимальный уровень температур может быть весьма высоким и лимитируется в основном только применяемыми огнеупорами и др.

В работе также показано, что для выбора рационального способа отопления нагревательных печей необходимо проведение соответствующего анализа с точки зрения энергозатрат на проведение конкретного технологического процесса [1]. Учитывая, что эффективность тепловой работы печного агрегата можно оценить с использованием показателя удельного расхода условного топлива, анализ должен включать расчет коэффициента перерасчета электрической энергии в условное топливо. Кроме того, необходимо учитывать существующие тарифы на природный газ и электроэнергию, а также возможности автоматизации печной установки, выход годного металла, условия труда обслуживающего персонала и др.

Список использованной литературы

1. Тимошпольский В.И., Сопоставление эффективности нагрева металла в газопламенных печах и индукционных установках ТВЧ / В.И. Тимошпольский, С.М. Кабишов, И.А. Трусова и др. // Металлургия: Респ. межвед. сб. научн. тр. – Минск: БНТУ, 2014. – Вып. 35. – С. 40–45.

Материаловедение в машиностроении

Исследование плотности материалов и их подделки

Студент гр. 10401114 Барисков Н.В.
Научный руководитель Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известна легенда о том, как Архимед сумел определить, сделана ли корона царя Гиерона из чистого золота, или ювелир подмешал туда значительное количество серебра. Удельный вес золота был известен, но трудность состояла в том, чтобы точно определить объем короны: ведь она имела неправильную форму! Архимед все время размышлял над этой задачей. Как-то он принимал ванну и заметил, что из нее вытекает такое количество воды, каков объем его тела, погруженного в ванну, и тут ему пришла в голову блестящая идея: погружая корону в воду, можно определить ее объем, измерив объем вытесненной ею воды. Согласно легенде, Архимед выскочил голый на улицу с криком «Эврика!» (др.-греч. εὕρηκα), то есть «Нашел!». В этот момент был открыт основной закон гидростатики – закон Архимеда. Корона вытеснила воды больше, чем слиток золота. Так выяснился обман мастера.

Слиток золота можно подделать, если в оболочку из золота поместить материал, плотность которого равна золоту $19,3 \text{ г/см}^3$. Таким материалом является вольфрам.

При продаже золота США Китаю было обнаружено, что внутри золотых слитков находится вольфрам. После этого первого скандала во многих магазинах, торгующих золотом, были обнаружены золотые слитки с вольфрамом (рисунок 1).



Рисунок 1 – Золотой слиток с вольфрамом

Вольфрам приблизительно в 90 раз дешевле, чем золото, поэтому при продаже «золотых» слитков прибыль может составлять до 9000 %. Мечта древних алхимиков была решена на основе знаний материаловедения.

Что касается подделки серебра, то при использовании свинца и меди можно получить сплав с плотностью, равной плотности серебра $10,5 \text{ г/см}^3$. Данный сплав приблизительно в 20 раз дешевле серебра, поэтому при продаже «серебряных» слитков прибыль может составлять до 2000 %.

Фазовый состав и трибомеханические свойства газотермических покрытий из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812, напыленных с использованием высокоэнтальпийного газа МАФ

Студент гр. 10405513 Астрашаб Е.В.
 Научный руководитель – Григорчик А.Н.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Перспективной разновидностью газотермического напыления (ГТН), является технология высокоскоростной металлизации (ВМ). Метод ВМ основан на использовании продуктов сгорания горючих газов (пропан, ацетилен, высокоэнтальпийные газы) для распыления расплавленных частиц из проволочных материалов. При этом расплавленные частицы металла приобретают скорости (~ 500 м/с) значительно превышающие скорости частиц при обычной электрометаллизации, что в свою очередь позволяет формировать плотные покрытия, имеющие повышенную прочность сцепления с подложкой [1]. Вместе с тем фазовый состав и трибомеханические свойства газотермических покрытий из высокохромистых сталей, напыленных с использованием высокоэнтальпийных горючих газов не изучены. В связи с этим, целью данной работы являлось исследование фазового состава, триботехнических и дюрометрических свойств газотермических покрытий из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812, полученных методом ВМ с использованием высокоэнтальпийного газа МАФ.

Измерения твердости и микротвердости по Виккерсу проводилось на твердомере DuraScan 20 при нагрузке на индентор Р 10 кг и 10 г, соответственно. Исследование фазового состава газотермических покрытий из высокохромистых сталей, осуществлялось на дифрактометре ДРОН–3.0 в монохроматизированном кобальтовом (CoK_α) излучении при напряжении 30 кВ и анодном токе 15 мА.

Газотермические покрытия, полученные методом ВМ высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812 с использованием высокоэнтальпийного газа МАФ характеризуются относительно плотной структурой, которая включает в себя ≈ 25 об. % оксидов и имеет остаточную пористость $\approx 2-4$ об.%. Результаты рентгеноструктурных исследований и твердость поверхностного слоя покрытий после механической шлифовки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фазовый состав, твердость и микротвердость покрытий из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812

Материал газотермического покрытия	Фазовый состав	Твердость, HV 10	Микротвердость, HV 0,01
40X13	α -Fe (58 об.%), γ -Fe (18 об.%), FeO+Fe ₃ O ₄ (24 об.%)	400	550
Lastifil 812	α -Fe (57 об. %), γ -Fe (20 об.%), FeO+Fe ₃ O ₄ (23 об.%)	360	450

Триботехнические испытания образцов проводились в условиях сухого трения на трибометре АТВП при удельной нагрузке 1,5 МПа. Испытания осуществлялись по схеме возвратно–поступательного движения призматического образца (8×6×5 мм) по пластинчатому контртелу при средней скорости взаимного перемещения $\approx 0,1$ м/с. Результаты испытаний представлены на рисунке 1 и в таблице 2.

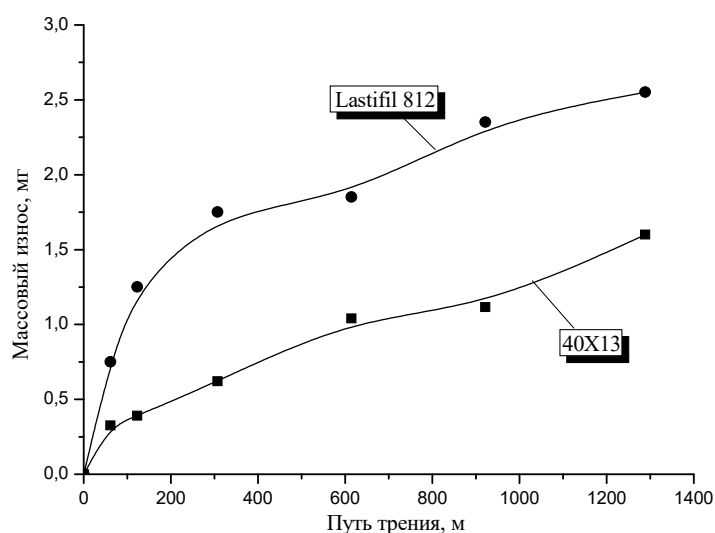


Рисунок 1 – Зависимость массового износа газотермических покрытий из высокохромистых сталей от пути трения (сухое трение при нагрузке $P = 1,5$ МПа)

Из результатов триботехнических испытаний, представленных на рисунке 1 и в таблице 2, газотермических покрытий из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812 можно видеть, что покрытия имеют относительно высокую износостойкость. В частности, интенсивность изнашивания покрытия из стали 40X13 составляет $1,0 \times 10^{-3}$ мг/м, а покрытия из стали Lastifil 812 – $1,15 \times 10^{-3}$ мг/м. Высокая износостойкость покрытий из мартенситных сталей в условиях сухого трения связана с протеканием в поверхностных слоях покрытий деформационно–активированного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, которое приводит к существенному возрастанию их микротвердости и износостойкости. При этом, микротвердость покрытия из стали 40X13 после триботехнических испытаний увеличилась до 750 HV 0,01, а покрытия из стали Lastifil 812 до 700 HV 0,01 (таблица 2). Данные рентгеноструктурного анализа показали снижение содержания аустенитной фазы в поверхностных слоях покрытий 40X13 и Lastifil 812, до 12 об.% и 14 об.%, соответственно.

Таблица 2 – Результаты триботехнических испытаний покрытий из высокохромистой стали 40X13 и Lastifil 812 в условиях сухого трения ($P = 1,5$ МПа).

Материал газотермического покрытия	Интенсивность массового изнашивания $I_q, \times 10^{-3}$ мг/м	Содержание аустенита после сухого трения при 1,5 МПа, V_γ , об.%	Микротвердость покрытия после триботехнических испытаний, HV 0,01
40X13	1,0	12	750
Lastifil 812	1,15	14	700

Газотермические покрытия из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812, напыленные методом ВМ с использованием высокоэнтальпийного газа МАФ, имеют высокую износостойкость, что делает их перспективным материалом для изготовления элементов пар трения, работающих в условиях масляного голодания и сухого трения.

Список использованных источников

1. Белоцерковский, М.А. Активированное газопламенное и электродуговое напыление покрытий проволочными материалами / М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. – № 12 – С. 17–23.

Студент гр. 10401117 Гладинов А.Д.

Научный руководитель Зеленин В.А.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск

Задача повышения литейных свойств силицидных сплавов может быть решена путем использования сплавов систем Me – РЗЭ – Si эвтектических составов, где Me – металл (Cr, Co), РЗЭ – редкоземельный элемент (La, Y). Для поиска эвтектических составов в тройных системах необходимы данные по двойным системам, анализ которых показал, что из 14-ти диаграмм систем РЗМ – Si в настоящее время построены только две, а именно, диаграммы Ce – Si и Pr – Si [1].

Цель работы: определить концентрации и температуры плавления эвтектик в системе La – Si.

Поскольку типы кристаллических решеток Ce, La и их силицидов одинаковы и температуры их плавления известны (таблица), то установленные в системе Ce – Si положения эвтектических точек (рисунок) могут быть использованы для сравнительного расчета эвтектик в системе La – Si [2].

Таблица – Кристаллическая структура и температуры плавления соединений систем Ce–Si и La–Si

Соединение	Тип кристаллической решетки	Параметры решетки, нм			Температура плавления, °С
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
Ce	ГПУ	0,3681		1,1857	798
Ce ₅ Si ₃	<i>I4/mcm</i>	0,789	–	1,377	1400
CeSi ₂	<i>I4₁/amd</i>	0,4184	–	1,3856	1620
La	ГПУ	0,3774		1,2171	918
La ₅ Si ₃	<i>I4/mcm</i>	0,7593	–	1,404	1320
LaSi ₂	<i>I4₁/amd</i>	0,4322	–	1,386	1520

Для упрощения расчета диаграммы состояния La – Si принимали, что линии ликвидус на диаграмме системы Ce – Si представляют собой ветви парабол. Вершины двух из них расположены в точках плавления соединений Ce₅Si₃ и CeSi₂, а двух других находятся вблизи точек плавления элементов Ce (798 °С) и Si (1414 °С). Кроме того, ветви парабол, соответствующие линиям ликвидуса системы Ce – Ce₅Si₃, пересекаются в точке низкокремнистой эвтектики (8 ат. % Si, *T*_э = 650 °С), а парабол, соответствующих линиям ликвидуса системы Ce – CeSi₂, – в точке высококремнистой эвтектики (87 ат. % Si, *T*_э = 1200 °С).

Рассмотрим параболу с вершиной в точке $x_1 = 37,5$ [ат. % Si], $y_1 = 1400$ [°С]. Уравнение этой параболы имеет вид

$$y_1 = 1400 - A(x_1 - 37,5)^2 = 1400 - 0,86(x_1 - 37,5)^2, \quad (1)$$

где $A = 0,86$ определили из условия прохождения параболы через точку Э₁(8, 650).

Точку пересечения *K* рассматриваемой ветви параболы с осью *x* определим из условия, что $y_1 = 0$, тогда

$$0 = 1400 - 0,86(x_k - 37,5)^2, x_k = -2,85.$$

Уравнение параболы, проходящей через точки плавления Ce и эвтектики Э₁, находим из системы уравнений:

$$\begin{cases} 798 = B - C(0 + 2,85)^2, \\ 650 = B - C(8 + 2,85)^2. \end{cases}$$

Откуда

$$y_2 = 810 - 1,35(x_2 + 2,85)^2. \quad (2)$$

Точку пересечения *L* рассматриваемой ветви параболы с осью *x* определим из условия, что $y_2 = 0$, тогда

$$0 = 810 - 1,35(x_L + 2,85)^2, \quad x_L = 21,65.$$

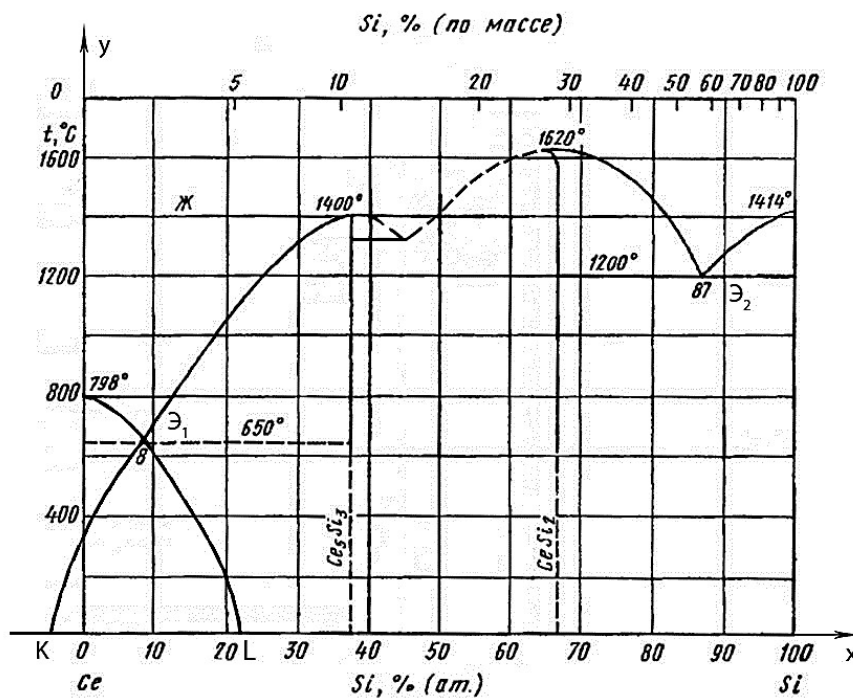


Рисунок – Диаграмма состояний системы Ce–Si

Таким образом, в системе Ce – Si получены уравнения парабол, описывающие ход линий ликвидус и определены точки их пересечения с осью концентраций *x*.

По аналогии с системой Ce – Ce₅Si₃ в системе La – La₅Si₃ линии ликвидус представляем параболы с вершинами в точках (37,5; 1320) и вблизи температуры плавления La (> 920 °C). Так как температура плавления La₅Si₃ на 80 градусов меньше, чем у Ce₅Si₃, то первая парабола пройдет ниже линии ликвидус системы Ce – Ce₅Si₃, а вторая, поскольку температура плавления La на 122 °C больше, чем у Ce, – выше линии ликвидус. Точки пересечения парабол с осью концентраций определяли из условия подобия фигур, ограниченных параболой и осью концентраций. Поскольку понятия подобия фигур, ограниченных параболой, не существует, то использовали подобие вписанных в них треугольников.

Координату точки пересечения первой параболы с осью *x* определили из условия

$$x = 37,5 - 1320 \times (37,5 + 2,85) : 1400 = -0,5.$$

Подставив в уравнение $y = 1320 - D(x - 37,5)^2$ значения $y = 0$ и $x = -0,5$, получили $D = 0,91$.

Следовательно, уравнение первой параболы имеет вид

$$y_1 = 1320 - 0,91(x - 37,5)^2. \quad (3)$$

Координату точки пересечения второй параболы с осью x определили из условия

$$x = 21,65 \times 920 : 798 = 25,0.$$

Уравнение этой параболы можно найти, предположив, что ее вершина лежит, как и в системе $Ce - Ce_5Si_3$, в точке с координатой $x = -2,85$. Тогда искомое уравнение можно записать в виде

$$y = E - F(x + 2,85)^2.$$

Решив систему уравнений,

$$\begin{cases} 920 = E - F(0 + 2,85)^2, \\ 0 = E - F(25,0 + 2,85)^2, \end{cases}$$

получили искомое уравнение второй параболы в виде

$$y_2 = 930 - 1,2(x + 2,85)^2. \quad (4)$$

Поскольку эти параболы в точке эвтектики пересекаются, то из условия $y_1 = y_2$, получаем уравнение

$$0,29 x_{э}^2 + 75,09x_{э} - 880 = 0, \quad (5)$$

решив которое определяем координаты точки эвтектики: $x_{э} = 11,22$, $T_{э} = 692$.

Следовательно, низкремнистая эвтектика в системе $La - La_5Si_3$ содержит 11,2 ат. % Si и плавится при температуре 692 °C.

Поскольку для разработки новых резистивных сплавов интерес представляет положение точки высококремнистой эвтектики в системе $LaSi_2 - Si$, ее поиск проведен тем же методом.

Для системы $La - LaSi_2$ уравнения параболы с вершиной в точке $x = 66,7$ [ат. % Si] и температурой плавления дисилицида $LaSi_2$ $y = 1520$ [°C] имеет вид

$$y = 1520 - 1,1(x - 66,7)^2. \quad (6)$$

Для параболы, проходящей через точку плавления Si, с переходом от системы $CeSi_2 - Si$ к системе $LaSi_2 - Si$ получено уравнение

$$y = 1441 - 0,63(x - 106,5)^2. \quad (7)$$

Координаты точки эвтектики определили из условия

$$1520 - 1,1(x_{э2} - 66,7)^2 = 1441 - 0,63(x_{э2} - 106,5)^2.$$

Откуда

$$0,47 x_{э2}^2 - 12,5 x_{э2} - 2330,8 = 0; x_{э2} = 85,0.$$

Температура плавления эвтектики $T_{э2} = 1150$ °C.

Таким образом, установлено, что высококремнистая эвтектика в системе $LaSi_2 - Si$ содержит 85,0 ат. % Si и плавится при температуре 1150 °C.

Список использованных источников

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т.: Т. 1 / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.
2. Кутолин, С.А. Пленочное металловедение редкоземельных элементов. / С. А. Кутолин, Д.И. Чернобровкин. – М.: Металлургия, 1981. – 180 с.

УДК 621.762

Некоторые особенности диффузионного борирования металлических порошков на основе железа в порошковых насыщающих средах

Студент гр. 10405513 Довыденков В.Г.
Научный руководитель – Щербаков В.Г.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Рабочими технологическими средами при магнитно-абразивной обработке (МАО) являются ферромагнитные абразивные порошки (ФАП) и смазочно-охлаждающие жидкости. Комплекс свойств ФАП является одним из важнейших факторов, определяющих эффективность МАО. Для эффективности использования ФАП в МАО они должны обладать рядом физических и технологических свойств, наиболее важными являются: абразивная способность – зависит от твердости частицы в целом или только от ее поверхности, а так же от геометрии порошинок; магнитная проницаемость или, проще говоря, сердцевина частицы (ядро) должна обладать свойствами ферромагнетика, т.е. намагничиваться в магнитных полях, таким свойствам соответствующую сплавы на основе железа, никеля [1].

Простым и надежным методом получения ФАП для МАО является диффузионное легирование (ДЛ) бором т.е. борирование – процесс химико-термической обработки (ХТО) металлических изделий, при котором происходит диффузионное насыщение поверхности бором. Борирование позволяет получать на поверхности детали защитный слой с высокой твердостью и износостойкостью. Борирование повышает окалинностойкость, теплостойкость и коррозионную стойкость, а так же детали обработанные данной ХТО эффективно работают в условиях трения и износа, при достаточно высоких температурах [2].

В большинстве случаев при борировании макродеталей (инструмент) стараются получать максимальные толщины диффузионных слоев (150–300 мкм). Однако получение слоя максимальной толщины не всегда является целесообразным. При диффузионном легировании (борировании) дисперсных металлических материалов часто достаточно лишь наличие диффузионного слоя небольшой толщины (до 10–40 мкм). А наличие диффузионного слоя большей толщины на дисперсных материалах (порошках) лишь снизит технологические и эксплуатационные свойства используемого в дальнейшем материала [4].

Наиболее распространенный метод ХТО – это борирование в порошковых средах. Недостатки: сложности с автоматизацией и механизацией процесса, следовательно невозможность применять для крупносерийного и массового производства, наибольшие затраты на порошковую смесь. Плюсы: простота технологического оборудования и оснастки, упрочнение изделий сложной формы, минимальная деформация при обработке. В качестве насыщающих сред при этом способе борирования можно использовать порошки аморфного и кристаллического бора, карбида бора, ферробора, боридов переходных металлов. С целью предотвращения спекания порошков в них часто вводят инертные добавки (Al_2O_3 , MgO и др.) в количестве от 20 до 60 %, а для ускорения процесса – активаторы (NaF, AlF_3 , KBF_4 и др.) в количестве 1–2 % от массы смеси [2, 3].

После диффузионного легирования (насыщения бором) на поверхности каждой отдельной частицы формируется диффузионный слой с высокой твердостью и износ-

стойкостью с сохранением мягкой сердцевины, обладающей достаточной магнитной проницаемостью. Химический состав порошка незначительно влияет на твердость и толщину диффузионного слоя. Большую роль при формировании диффузионных слоев оказывают температурно-временные параметры обработки.

В НИЛ упрочнения стальных изделий БНТУ проводилось однофазное борирование в порошковых средах [2, 3], стальной, чугуновой и из нержавеющей сплава колотой дроби фракцией 315–630 мкм (рисунок 1). Температура обработки составляла 750 °С, время выдержки – 4 ч. Толщина полученных диффузионных слоев составляет 5–30 мкм, микротвердость существенно зависит от степени легированности насыщаемого материала и находится в диапазоне 8000–15000 МПа. При такой небольшой толщине слоя можно утверждать, что магнитные свойства порошка падают незначительно [5]. Микротвердость основы после диффузионного легирования составляет порядка 4000–6000 МПа.

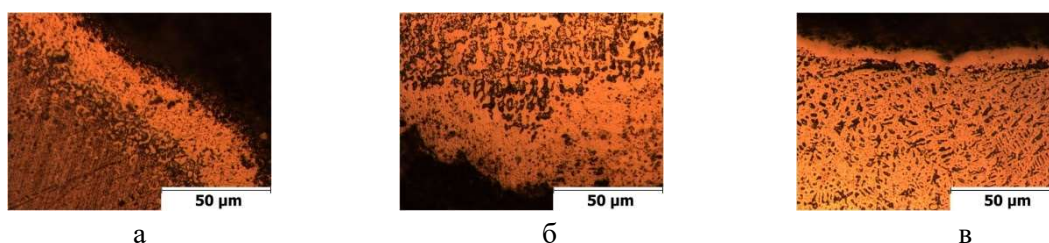


Рисунок 1 – Однофазное борирование микрообъектов, 750 °С, 4 часа [3]:
а) дробь колотая стальная; б) дробь колотая чугуновая; в) дробь из нержавеющей сплава

Таким образом, использование диффузионно-легированных металлических порошков после порошкового борирования является перспективной и активно развивающейся областью ДЛ сплавов, т.к. такие порошки обладают достаточными механическими и физическими свойствами для финишной обработки деталей практически любой конфигурации на оборудовании для MAO [6]. А также в выше изложенном способе [2] видно, что можно легко контролировать толщину диффузионного слоя за счёт температурно-временных параметров и, следовательно, получать стабильный результат. Сплавы для MAO из ДЛ колотой дроби формируют на обрабатываемых изделиях шероховатость в диапазоне 0,07–0,38 Ra и являются альтернативной заменой дорогостоящих импортных материалов.

Список использованных источников

1. Акулович, Л. М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей различного профиля / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2013. – 372 с.
2. Щербаков, В.Г., Исследование кинетики роста диффузионных слоев на железных сплавах при борировании металлических порошков / В.Г. Щербаков, Е.В. Астрашаб [и др.] // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы междунар. науч.-техн. конф., 2017 г., г. Одесса. – Одесса: ОНПУ, 2017. – С. 138–141.
3. Щербаков В.Г., Низкотемпературное диффузионное борирование металлических дисперсных материалов / В.Г. Щербаков, Е.В. Астрашаб // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 17-й Междунар. науч.-техн. конф., 2017 г., г. Одесса – Киев: АТМ Украины, 2017. – С. 241–243.
4. Ворошнин Л. Г. Состояние и перспективы диффузионного легирования микрообъектов / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов // Перспективы развития поверхностного и объемного упрочнения сплавов: сборник научных трудов, посвященный 40-летию кафедры «Материаловедение в машиностроении»; под ред. Ворошнина Л.Г.; БНТУ. – Минск, 2004. – С. 106–114.

5. Пугачёва Н.Б. Влияние диффузионных боридных покрытий на электромагнитные свойства штамповой стали/ Н.Б Пугачёва, С.М. Задворкин, Т.М. Быкова// Вопросы материаловедения – 2016, – № 3 – С. 66–73.

6. Хомич, Н.С. Магнитно–абразивная обработка изделий: монография/ Н.С. Хомич. – Минск: БНТУ, 2006. – 218 с.

УДК 691.714

Мировые производители стали

Студент гр. 10405516 Дударева А.Л.

Научный руководитель: Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Производство стали в мире – одна из наиболее развитых и успешных отраслей, несмотря на временные экономические кризисы, проблемы на региональных, внутренних и мировых рынках.

Сегодняшние лидеры по производству стали в мире – это, прежде всего, Китай, который обеспечивает практически пятьдесят процентов рынка, Япония и США. Россия занимает по объемам производства пятое место уже несколько лет подряд. Первое место в рейтинге, подготовленным РИА Рейтинг, занимает Китай. Эта страна не просто лидирует: она далеко обскакала в объемах производства стали всех своих конкурентов.

Так, лидеры по производству стали Япония и США, занимая второе и третье место соответственно, в прошлом году произвели стали практически в семь раз меньше (каждый в отдельности).

Согласно рейтингу, который базируется на данных мировой ассоциации производства стали (WorldSteelAssociation), за 2012 год китайские компании выплавили более 700 млн. т. А это 45,79 % всей мировой продукции. Специалисты сегодня с уверенностью заявляют, что Китай – мировой лидер по производству стали и обосновался на первой позиции прочно и надолго. Несмотря на перепроизводство стали в этой азиатской стране и попытки властей замедлить рост объемов производства, китайские компании продолжают бить рекорды. Не так давно они перешагнули отметку в 2 млн. т: столько стали в совокупности сегодня выпускается на заводах Китая в день.

Второй крупный производитель металла – Япония, выплавил за год меньше семи процентов от общемирового объема. Там суммарный годовой объем производства составил порядка 107 млн. т. По сравнению с 2011 годом в этой стране наблюдается незначительный спад производства – на 0,3 %.

Третье место в рейтинге у США, компании которой производят чуть более 88 млн. т стали, что составляет 5,72 % от мирового объема.

От США и Японии немного отстают Индия и Россия. Их доля на мировом рынке практически равная: 4,96 % и 4,56 % соответственно.

Стоит отметить, что объемы производства стали в Индии увеличились на 6 % и в 2012 году составили более 76 млн. т. В России наблюдается более медленный рост: в прошлом году было произведено на 2,7 % стали больше, чем в 2011 году. Всего же российские компании выплавили на своих заводах более 70 млн. т стали.

Следует за Россией в мировом рейтинге – Южная Корея. Прошлый год показал, что в этой стране наблюдается снижение темпов роста производства. При этом компаниями Южной Кореи за 2012 год было выплавлено 69 млн. т стали.

Европейский лидер на металлургическом рынке Германия, в мире занимает седьмую позицию по производству стали. За прошлый год немецкие компании изготовили около 43 млн. т.

На восьмом месте – Турция, которая в прошлом году смогла увеличить объемы производства стали более чем на пять процентов. За счет этого страна поднялась в мировом рейтинге на две позиции, сместив с восьмого места Украину.

Закрывают десятку лидеров Бразилия, которая по-прежнему находится на девятой позиции, и, соответственно Украина, где производство стали по сравнению с 2011 годом сократилось более чем на шесть процентов.

УДК 669-1

Материалы ядерных и радиационных установок

Студент гр. 10405416 Дылевский И.В.

Научный руководитель: Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Из конструкционных материалов изготавливаются оболочки твэлов, корпуса реакторов, опоры органов регулирования, каналы для теплоносителя, опорные плиты активной зоны (решетки), системы трубопроводов с теплоносителем и т.д. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования, предъявляемые к конструкционным материалам

Требования	Материалы
Низкое сечение поглощения (захвата) нейтронов	Zr, Al, Mg, Be
Высокие механическая прочность и пластичность	Углеродистые стали, нержавеющие стали
Высокая термическая стабильность (теплостойкость)	Специальные сплавы на никелевой основе
Большая радиационная стабильность	Тугоплавкие металлы Mo, Ti, Ta, W
Низкая наведенная радиоактивность	Керамики, BeO, Al ₂ O ₃ , MgO, SiO ₂
Хорошие характеристики теплопередачи	Керметы, ZrSi ₂ , SiC–Al
Высокотемпературная коррозионная стойкость	Графит, предварительно напряженный бетон

Выбор конструкционных материалов, основанный на наиболее важных требованиях, зависит от конкретного типа ядерного реактора. Например, в качестве материалов оболочек твэлов тепловых исследовательских реакторов используется алюминий, газоохлаждаемых реакторов (типа CalderHall) – магниевые сплавы, легководных и тяжеловодных энергетических реакторов – циркониевые сплавы и быстрых реакторов-размножителей типа реактора LMFBR – нержавеющие стали.

Металлический уран и оксид урана легко реагируют с воздухом, водой и жидким металлом, которые часто применяются в качестве реакторного теплоносителя. Металлические и оксидные урановые топлива коррозионно нестойки при повышенных температурах. Поэтому то и другое урановое топливо необходимо помещать в оболочку из определенного конструкционного материала, совместимого как с топливом, так и с теплоносителем.

Материалы замедлителя, отражателя и зоны воспроизводства

В тепловом реакторе замедлитель служит для снижения относительно высокой кинетической энергии образующихся при делении нейтронов до уровня тепловой энергии, соответствующей окружающей температуре. Радиальные и аксиальные отражатели могут отражать рассеянные или покидающие активную зону нейтроны и направлять их

обратно в активную зону как в тепловых, так и в быстрых реакторах. Материалы зон воспроизводства (радиальной и аксиальной), окружающие активную зону, используются для воспроизводства новых топливных материалов путем поглощения покидающих активную зону нейтронов такими воспроизводящими материалами, как ^{232}Th или обедненный ^{238}U , которые специально загружаются в быстрые реакторы–размножители.

Основные требования, предъявляемые к ядерным свойствам материалов замедлителей и отражателей, перечислены в таблице 2.

Таблица 2 – Требования, предъявляемые к материалам замедлителей и отражателей

Требования	Материалы
Высокое сечение рассеяния нейтронов	$\text{D}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}$
Большая потеря энергии нейтрона за одно столкновение	H_2, C
Низкое сечение поглощения нейтронов	BeO, Be

При большом сечении рассеяния замедлителя и отражателя столкновение нейтронов с ядрами замедлителя происходит часто и под большими углами, а средняя длина свободного пробега нейтронов в процессе замедления относительно мала, в результате чего сводятся к минимуму утечка нейтронов и их потери. Лучшими материалами замедлителей и отражателей являются тяжелая вода, легкая вода и водородсодержащие материалы, графит, бериллий и оксид бериллия.

Требования, предъявляемые к материалам зоны воспроизводства в быстром реакторе, совершенно отличаются от требований, которые предъявляются к материалам замедлителей и отражателей в тепловом реакторе. Материалы зоны воспроизводства быстрого реактора должны быть воспроизводящими ядерными материалами, иметь высокое сечение поглощения нейтронов, иметь низкое сечение рассеяния нейтронов и легко поддаваться переработке.

В дополнение к специфическим ядерным свойствам материалы замедлителей, отражателей и зоны воспроизводства должны обладать некоторыми характеристиками конструкционных материалов, т.е. они должны иметь необходимую механическую прочность, термическую стабильность, радиационную стабильность, обрабатываемость и коррозионную стойкость. От замедлителей и отражателей требуются также относительно хорошие характеристики теплопередачи для поглощения и рассеяния тепловой энергии, выделяющейся при замедлении нейтронов в тепловых реакторах и при захвате нейтронов и радиоактивных распадах в зоне воспроизводства быстрых реакторов.

УДК 669-1

Радиационно-стойкие материалы

Студент гр. 10405416 Дылевский И.В.

Научный руководитель: Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Радиационная стойкость – стабильность структуры и свойств в условиях облучения. Материалы под действием облучения испытывают структурные превращения, которые приводят к нежелательным изменениям свойств в эксплуатации. Наиболее сильное влияние оказывает нейтронное облучение. Влияние облучения α -частицами, протонами, тем более легкими P -частицами и γ -излучения менее сильно. В связи с этим материалы, эксплуатирующиеся в условиях облучения, должны быть радиационно стойкими.

Наибольшее влияние структурные изменения от облучения оказывают на механические свойства и коррозионную стойкость.

Влияние облучения на структуру и механические свойства.

Облучение приводит к образованию точечных и линейных дефектов, микропор и других структурных повреждений материала.

При облучении происходит смещение атомов облучаемого материала в межузлия и образование вакансий. Плотность точечных дефектов увеличивается. Число вакансий, создаваемых одной частицей, зависит от ее вида и энергии, а также от свойств облучаемого вещества. Одна частица нейтрона, обладающая меньшей энергией, чем α -частица и протон, создает несравнимо больше структурных повреждений. Число вакансий, образовавшихся в алюминии, больше, чем в бериллии, что определяется большей энергией межатомной связи в последнем.

Степень изменения свойств при облучении зависит от суммарного потока, а также от температур облучения и рекристаллизации металла. При облучении число дефектов в металле возрастает с увеличением суммарного потока. По характеру влияния на механические свойства облучение напоминает холодную пластическую деформацию.

При облучении большими потоками нейтроны не только смещают атомы материала в межузлия, но возбуждают их, передавая часть своей энергии. При возбуждении усиливаются колебания атома и его соседей в узлах решетки, что сопровождается локальным повышением температуры в небольшом объеме кристалла. Нагрев вызывает радиационный отжиг. Вакансии и атомы межузлия взаимодействуют – аннигилируют, что уменьшает концентрацию дефектов. Одновременно идет процесс образования скоплений вакансий, которые при очень больших потоках превращаются либо в дислокационные петли, либо в микропоры, что приводит к разбуханию. Кроме того, в некоторых материалах при облучении происходят ядерные реакции с выделением газообразных продуктов. Облучение органических материалов может приводить к разрушению связей в молекулах и образованию новых молекул с иным химическим составом и свойствами.

Облучение при температуре ниже температуры рекристаллизации низкотемпературное облучение влияет на структурные изменения и механические свойства металлов и сплавов так же, как при холодной пластической деформации: материал упрочняется, но теряет пластичность. Максимальная прочность углеродистых сталей при 20 °С достигается при облучении суммарным нейтронным потоком. При суммарном потоке нейтронов сталь приобретает максимальное упрочнение. При дальнейшем увеличении суммарного потока свойства не меняются.

Бериллий имеет наименьшее из всех металлов сечение поглощения тепловых нейтронов, большое сечение рассеяния и высокую температуру плавления, поэтому является отличным замедлителем и отражателем. Бериллий и оксид бериллия хрупки, дорогостоящи и токсичны, что плохо согласуется с общими требованиями к конструкционным материалам. Для металлического бериллия и его оксида характерными эффектами, наблюдаемыми при росте флюенса быстрых нейтронов, являются размерная нестабильность и гелиевое охрупчивание. Размерная нестабильность связана с реакциями взаимодействия быстрых нейтронов с бериллием.

Пластичность облученного бериллия падает практически до нуля уже при относительно невысоких флюенсах нейтронов 10^{25} нейтр./м². Это свойство носит название гелиевого охрупчивания бериллия.

При облучении нейтронным потоком линейные размеры изделий из оксида бериллия увеличиваются, соответственно уменьшается плотность, увеличивается пористость изделий. При низких температурах облучения (75–100 °С) ускорение темпа роста объема оксида бериллия наблюдается при флюенсе быстрых нейтронов около $3 \cdot 10^{24}$ нейтр./м². Увеличение температуры облучения образцов уменьшает рост их объема. Чем выше плотность образцов, тем больше их расширение при одинаковом флюенсе.

Сплавы магния являются низкотемпературными (температура плавления магния 650 °С) конструкционными материалами, коррозионно-стойкими на воздухе и в среде углекислого газа (до ~ 400 °С), но имеющими низкое сопротивление коррозии в водной среде, жидкометаллическом натрии и эвтектиках Mg – Na и Mg – K. По ядерным свойствам магний уступает лишь бериллию. Его существенным недостатком является высокое термическое сопротивление. Теплопроводность магния и его сплавов (при 20 °С $\lambda = 63\text{--}171 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$) более чем в 100 раз ниже, чем сплавов алюминия.

При температурах ниже 500 °С в среде углекислого газа сплавы магния показали хорошую радиационную стойкость: при флюенсе нейтронов до 1025 нейтр./м² никаких существенных радиационных дефектов (распухания, радиационной ползучести, изменения прочности и пластичности) не наблюдалось.

Цирконий и его сплавы. Сплавы циркония получили широкое распространение благодаря своей высокой механической прочности при повышенных температурах, хорошей коррозионной стойкости в воде и паре, технологичности. По ядерным параметрам цирконий является третьим после бериллия и магния элементом. Низкая теплопроводность циркония (при 20 °С $\lambda = 18 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$) компенсируется относительно низким тепловым расширением. Невысокая коррозионная стойкость при высоких температурах и относительная дороговизна сдерживают применение сплавов циркония.

В потоке быстрых нейтронов наблюдаются радиационный рост и радиационная ползучесть сплавов циркония, существенные в температурном интервале 180–530 °С. С увеличением температуры от 300 до 400 °С влияние нейтронного облучения на ползучесть уменьшается, что объясняется быстрым отжигом радиационных дефектов, однако при этом возрастает и становится определяющей термическая ползучесть. Результаты испытаний сплавов циркалой-2, содержащего, % (мас.): 1,2–1,7 Sn; 0,07–0,2 Fe; 0,05–0,15 Cr; 0,03–0,08 Ni, 0,03–0,08 N; 0,01 O, остальное Zr, и H–2,5 (Zr + 2,5 % Nb).

УДК 621.785.53

Азотирование сталей

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Поверхностный слой изделия, насыщенный азотом, имеет в своём составе растворённые нитриды и приобретает повышенную коррозионную стойкость, высокую твердость, износостойкость, теплостойкость. По микротвердости азотирование уступает только борированию, превосходя цементацию. Поверхностный слой изделия, которое было подвергнуто азотированию, сохраняет свою твердость даже при нагреве до температур свыше 500 °С, а после цементации твердость поверхностного слоя может начать снижаться при нагреве изделия свыше 200 °С. Также прочностные характеристики поверхностного слоя стали после азотирования в 1,5–2 раза выше, чем после закалки или цементации.

При азотировании стальное изделие не подвергается значительному термическому воздействию, размеры азотируемых деталей не изменяются. Это позволяет применять такой метод обработки для стальных изделий, которые уже прошли закалку с высоким отпусканием и отшлифованы до требуемых геометрических параметров. После выполнения азотирования, сталь можно сразу подвергать необходимым методам финишной обработки.

Обработке по технологии азотирования обычно подвергаются углеродистые и легированные стали, характеризующихся содержанием углерода в пределах 0,3–0,5 %.

Максимального эффекта при использовании такой технологической операции удастся добиться, если ей подвергаются стали, в химический состав которых входят легирующие элементы, формирующие твердые и термостойкие нитриды. К таким элементам относятся молибден, алюминий, хром и другие металлы, обладающие подобными характеристиками. Стали, содержащие молибден, не подвержены такому негативному явлению, как отпускная хрупкость, которая возникает при медленном остывании стального изделия. Легирующие элементы, находящиеся в химическом составе стали, увеличивают твердость азотированного слоя, но вместе с тем уменьшают его толщину. Наиболее активно на толщину азотируемого слоя оказывают влияние такие химические элементы, как вольфрам, молибден, хром и никель. Однако при этом легирующие элементы уменьшают толщину слоя.

Процесс азотирования состоит из пяти основных операций:

1. Предварительная термическая обработка заготовки – для получения необходимой прочности и вязкости сердцевины изделия (эта операция включает в себя закалку и высокий отпуск). Во избежание коробления деталей температура отпуска должна быть на 20–400 °С выше температуры азотирования. Режимы термообработки некоторых сталей перед азотированием приведены в таблице 1;

2. Механическая обработка деталей для получения требуемых формы и размера;

3. Защита участков, не подлежащих азотированию (нанесение слоя олова электролитическим методом);

4. Азотирование;

5. Доводка изделия.

Таблица 1 – Режимы термообработки некоторых сталей перед азотированием

Сталь	Температура нагрева (°С) и среда		Твердость НВ
	При закалке	При отпуске	
38Х2МЮА	940, в масле или теплой воде	600–670, в масле или воде	302–341
40ХН2МА	850, в масле	580–600, на воздухе	302–341
40ХН2МФА	900, в масле	580–650, на воздухе	302–341
18Х2Н4МА	850–870, в масле или на воздухе	530–550, на воздухе	302–341
12Х13	1000–1050, в масле	680–780, в масле	179–241
20Х13	1000–1050, в масле	600–700, в масле или в воде	241–341
11Х11Н2В2МФ	1000–1020, в масле	660–710, на воздухе	269–321
10Х11Н20ТЗР	1000, в масле	750, на воздухе	302–388
45Х14Н14В2М	Нормализация 3–5 часов, на воздухе	–	179–269

Способ азотирования выбирается в соответствии с требованиями к данной детали. В настоящее время выделяют три основных метода азотирования, которые различаются по состоянию насыщающей среды – газовое азотирование, ионно–плазменное азотирование, азотирование из растворов электролитов. Некоторые характеристики разных способов азотирования приведены в таблице 2. Наибольшее применения находят газовое и ионно–плазменное азотирование.

Азотирования особенно эффективно там, где основной причиной разрушения поверхностей является трение. Этот метод ХТО широко используется в авиационной, машиностроительной, автомобильной, нефтяной промышленности. Азотированию подвергают режущий и мерительный инструменты, детали пресс-форм для литья цветных сплавов.

Таблица 2 – Характеристики разных способов азотирования

Способ азотирования	Среда азотирования	Температура обработки, °С	Длительность обработки, ч	Результат
Расплав солей (из растворов электролитов)	Цианат/Цианит	480 560–580	1–3	Карбонитрид
Газовое	NH ₃	510–540	20–120	Нитрид
	NH ₃ + CO ₂	550–620	1,5–6	Карбонитрид
Ионно–плазменное	N ₂ + H ₂	300–590	5–60	Нитрид
	N ₂ + H ₂ + CH ₄	500–590	0,2–6	Карбонитрид

УДК 51–37

Обработка экспериментальных данных средствами Statistica

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель: Мельниченко В.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Все обрабатываемые данные в программе Statistica представлены в виде рабочих листов данных (рисунок 1). Данные можно вводить вручную, передавать через буфер обмена или импортировать из файла диска.

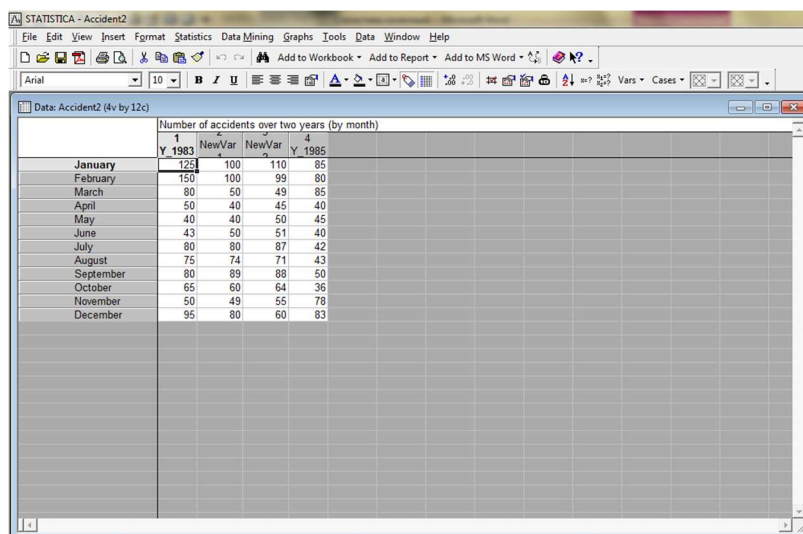


Рисунок 1 – Главное окно программы с рабочим листом данных

Чаще всего при работе данные импортируются из файлов диска, созданных программным обеспечением, имеющих вид текстовых файлов с расширением DAT или TXT. Чтобы импортировать данные, необходимо использовать команду FileOpen... и в появившемся диалоговом окне выбрать нужный файл.

В программе Statistica есть возможность восстанавливать математические модели к опытным данным на основе метода наименьших квадратов. После выбора зависимых и независимых переменных для построения и подгонки с использованием кнопки «Variables» с помощью панели Fit выберите модель подгонки и определите, какие статистические данные должны быть включены в график в панели статистики. Ограничить диапазон подгонки можно в окне GraphOptions. Окно открывается после двойного щелчка по установленной кривой. Данная процедура может быть использована в двух случаях: если требуется установка данных с нестандартными моделями, т.е. модель не реализо-

вана в окне 2D Scatterplot или если необходимо использовать стандартные модели, но необходимо рассчитать параметры модели и оценить их ошибки.

Используем команду Statistics Advanced Linear/Nonlinear Models Nonlinear Estimation, которая запускает диалоговое окно Nonlinear Estimation. Выбираем User-specified regression, last squares и подтверждаем свой выбор кнопкой «ОК». Нажмем кнопку «Function to be estimated» в следующем диалоговом окне. Здесь можно определить любую математическую модель для подбора данных.

После установки функции модели используйте кнопку «ОК», чтобы вернуться к диалоговому окну User-Specified Regression, Last Squares. Далее необходимо начать процедуру подгонки (нажимаем кнопку «ОК» и появляется диалоговое окно Nonlinear Least Squares Model Estimation). Эта процедура основана на методе минимизации. Компьютер ищет наилучшие значения параметров, начиная с некоторых начальных значений. Начальные значения параметров по умолчанию всегда одинаковы и равны «0,1». Этот выбор по умолчанию обычно не является правильным и иногда вызывает некоторые ошибки при попытке подгонки модели. Для установки других начальных параметров во вкладке Advanced выбираем кнопку «Start values», которая позволяет определять начальные значения параметров. Выбор начальных значений довольно сложен. Более простым решением является установка для всех параметров «0». Если это не работает, необходимо учесть физическую интерпретацию экспериментальных данных и математической модели, чтобы узнать приблизительные исходные значения.

Если процедура будет успешной, появится окно результатов (рисунок 2). Здесь нужно обратить внимание на две кнопки: Summary и Fitted 2D function & observed vals.

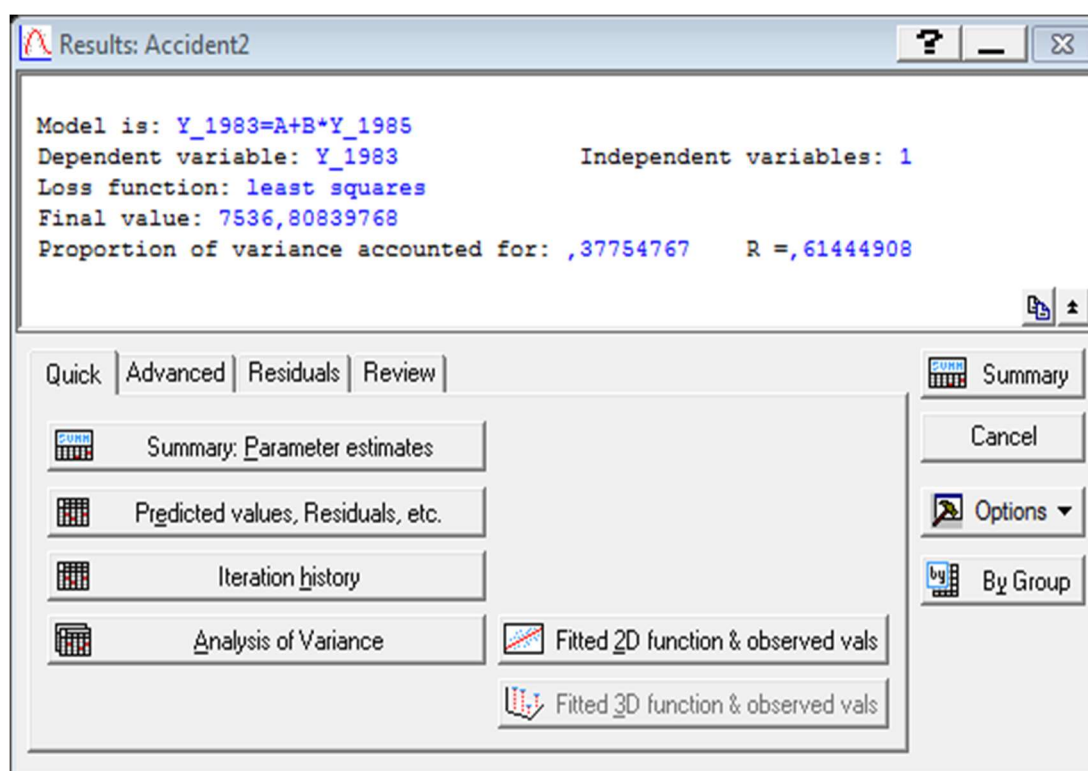


Рисунок 2 – Окно результатов

Кнопка «Summary» отображает рабочий лист с результатами процедуры подбора (рисунок 3). К наиболее важным статистическим данным здесь относятся значения параметров (первый столбец) и их ошибки (второй столбец). Кнопка «Fitted 2D function & observed vals» создает график со встроенной кривой. Здесь также расположено оценочное функциональное уравнение, видимое в заголовке графика.

	Estimate	Standard error	t-value df = 10	p-level	Lo. Conf Limit	Up. Conf Limit
A	20.27060	24.64769	0.822414	0.430015	-34.6479	75.18907
B	0.97561	0.39613	2.462821	0.033514	0.0930	1.85824

Рисунок 3 – Результаты процедуры подбора УДК 629.113.002.3(083)

УДК 621.785.53

Технология газового азотирования стальных деталей

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель: Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При газовом азотировании насыщение поверхности металла производится при температурах от 400 до 800 °С. В качестве насыщающей среды используют диссоциированный аммиак. Для изменения структурных характеристик и механических свойств получаемого слоя можно применять двух-, трёхступенчатые температурные режимы насыщения или разбавление диссоциированного аммиака воздухом или водородом.

Подготовленные под азотирование детали поступают на участок газового азотирования. Детали не должны иметь пригаров, ржавчины, заусениц, забоин, окалины. Острые кромки на азотируемых частях деталей не допускаются. При азотировании резьбовых поверхностей острые заходы ветка резьбы срезаются и скругляются. Поверхности, подлежащие азотированию, должны быть обработаны с шероховатостью поверхности не более Ra1,6. Вместе с деталями поступают образцы–свидетели размером 100×100×400 мм, изготовленные из той же марки стали, что и детали.

Перед азотированием поверхности деталей обезжиривают бензином или щелочным раствором. Одновременно с деталями проходят обработку и образцы-свидетели.

Для проведения процедуры газового азотирования подходят камерные или шахтные ретортные печи. В камерных печах насыщение азотом производится в жароупорной герметичной камере, расположенной внутри конструкции. Футеровку печи обычно изготавливают из легкого кирпича и волокнистой изоляции. В шахтных роторных печах азотирование производится в подвешенной внутри герметичном роторе. Преимущество данных печей заключается в возможности равномерного распределения температуры и точной цифровой регулировке процесса.

В муфель подается газообразный аммиак. При температуре азотирования 500–600°С происходит частичная диссоциация аммиака, в результате чего выделяется ато-

марный азот по реакции $2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N}_{\text{ат}} + 3\text{H}_2$. В условиях повышенной температуры атомарный азот диффундирует в глубь металла.

Степень диссоциации аммиака устанавливается в зависимости от температуры процесса: при 500–520 °С она выдерживается в пределах 18–25 %, при 530–550 °С – 25–40 %. Некоторое увеличение степени диссоциации, особенно во второй стадии процесса, после 10–15 ч выдержки, не оказывает отрицательного влияния на ход процесса и в то же время позволяет уменьшить расход аммиака и снизить хрупкость слоя. С этой целью степень диссоциации может быть увеличена до 50–60 %. Чрезмерное увеличение степени диссоциации ухудшает условия азотирования, так как образующийся при этом в большом количестве водород препятствует адсорбции азота на поверхности деталей, и в результате уменьшается поступление атомов азота в глубь металла.

Расход аммиака при азотировании зависит от размеров и формы деталей. В среднем при азотировании крупных деталей на толщину слоя 0,35–0,55 мм он составляет 5–10 г на 1 кг деталей, а при азотировании мелких и средних деталей, имеющих сравнительно большую поверхность, расход аммиака повышается до 20–50 г на 1 кг деталей.

Чем выше температура азотирования, тем большая толщина слоя получится за одно и то же время, но тем ниже его твердость. Увеличение толщины азотированного слоя объясняется повышением скорости диффузии, а понижение твердости при этом – коагуляцией (укрупнением) частичек нитридов легирующих элементов. Уменьшение длительности процесса достигается применением ступенчатых циклов азотирования. В большинстве случаев используется двухступенчатый цикл, иногда – трехступенчатый. Сущность двухступенчатого I цикла сводится к тому, что в первой стадии процесс ведется при более низкой температуре (510–530 °С) и малой степени диссоциации аммиака (до 35 %). При этом происходит образование тонкого поверхностного слоя с высокой концентрацией азота. Во второй стадии температура повышается до 540–580 °С, а степень диссоциации аммиака – до 65 %. В результате скорость диффузии азота увеличивается, и общая продолжительность процесса сокращается.

Одной из разновидностей газового азотирования является каталитическое газовое азотирование (КГА). Оно представляет собой последнюю модификацию способа насыщения стали азотом, описанного выше. В данном случае также в качестве рабочей среды применяется диссоциированный аммиак. Температурный режим должен составлять 200–400 °С. Для изменения толщины азотированного слоя используют преимущественно изменение потенциала насыщения, т.е. изменение отношений парциальных давлений водорода и аммиака. Необходимая степень диссоциации последнего достигается путем регулировки давления в печи и расхода подаваемого газа. Преимущество данной технологии заключается в возможности работы с более шадящими температурными режимами, чем при традиционном газовом азотировании стали.

УДК 621.793.1

Технология ионно-плазменного азотирования стальных деталей

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель: Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) – метод химико-термической обработки изделий из стали и чугуна с большими технологическими возможностями, позволяющий получать диффузионные слои нужного состава путем использования разных газовых сред. Схема установки ионно-плазменного азотирования представлена на рисунке 1.

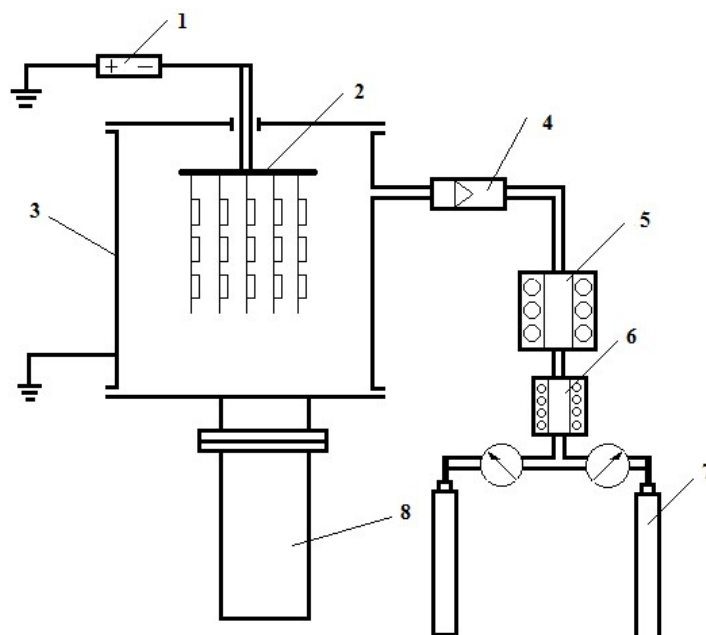


Рисунок 1 – Схема ИПА установки:

1 – источник питания; 2 – навеска с изделиями; 3 – вакуумная камера; 4 – ротаметр;
5, 6 – фильтры; 7 – баллоны с газом; 8 – форвакуумный насос

Установки для ИПА работают в разряженной атмосфере при давлении до 1000 Па. В вакуумную камеру, действующую по принципу катодно-анодной системы, подается азотно-водородная смесь для обработки чугуна и различных сталей или чистый азот в качестве рабочего газа для работы с титаном и его сплавами. Катодом служит заготовка, анодом – стенки камеры. Возбуждение аномально тлеющего заряда инициирует образование плазмы и, как следствие, активной среды, включающей в себя заряженные ионы, атомы и молекулы рабочей смеси, находящиеся в возбужденном состоянии. Низкое давление обеспечивает равномерное и полноценное покрытие заготовки свечением. Температура плазмы колеблется от 400 до 950 градусов в зависимости от рабочего газа. Варьируя состав насыщающего газа, давление, температуру и время выдержки, можно получать слои заданной структуры и фазового состава, обеспечивая строго регламентируемые свойства сталей, чугунов, титана и сплавов. Оптимизация свойств упрочняемой поверхности обеспечивается за счет необходимого сочетания нитридного и диффузионного слоев, которые врастают в основной материал.

При этом, в зависимости от целей обработки, в результате ионно-плазменного азотирования возможно получение:

- диффузионного слоя с развитой нитридной зоной, обеспечивающей высокую сопротивляемость коррозии и прирабатываемость трущихся поверхностей – для деталей, работающих на износ;
- диффузионного слоя без нитридной зоны – для режущего и штампового инструмента и деталей, работающих при знакопеременных нагрузках в условиях изнашивания при высоких давлениях.

Ионно-плазменное азотирование исключает деформацию заготовки, а структура азотированного слоя остается неизменной даже при нагреве детали до 650 градусов, что вместе с возможностью тонкой корректировки физико-механических свойств позволяет использовать ИПА для решения самых разнообразных задач. Азотирование ионно-плазменным методом отлично подходит для обработки сталей разных марок, т.к. температура процесса в азотно-углеродной смеси не превышает 600 градусов, что исключает нарушения внутренней структуры и способствует снижению вероятности усталостных разрушений и повреждений из-за высокой хрупкости нитридной фазы. К числу досто-

инств ИПА можно также отнести резкое сокращение длительности азотирования деталей (в 2–3 раза). Режимы азотирования некоторых сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы ионно-плазменного азотирования сталей

Сталь	Температура нагрева, °С	Продолжительность выдержки, ч	Глубина слоя, мм	Номинальная твердость поверхности HV 100
X12Φ1	510	25	0.15–0.20	900–1000
X12Φ1	510	55	0.20–0.30	900–1000
4X8B2	510	36	0.30–0.35	900–1000
3X2B8Φ	560	65	0.45–0.55	700–750
38X2МЮА	510	15	0,5–0,6	850–1000
	550	25		
40ХН2МА	510	25	0,5–0,6	600
	540	35		
30X3Φ	560	24	0,5	900–950
30ХН2МФА	510	25	0,5–0,6	750
	540			
40ХН2А 38Х2Н2МА 38ХН3МФА	500–520	50–60	0,5–0,6	640–700

Применение ИПА вместо цементации, нитроцементации, газового или жидкостного азотирования, объемной или ТВЧ закалки позволяет оптимизировать производственный процесс и уменьшить расход электроэнергии и активных газовых сред. Экономический эффект при ИПА режущего и штампового инструмента обеспечивается благодаря снижению его расхода ввиду повышения в 4 и более раз его износостойкости и повышению режимов резания. Преимущества ионно-плазменного азотирования наиболее полно реализуются при крупносерийном и массовом производстве, при упрочнении больших партий однотипных деталей.

УДК 669.58

Влияние термодиффузионного цинкования на прочностные свойства термически обработанных крепежных изделий для строительных металлоконструкций

Студент гр. 10401113 – Корниенко А.Д.

Научный руководитель – Булойчик И.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При использовании способа термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДЦ), принимая во внимание температурный интервал данного процесса, который находится в диапазоне от 300 до 700 °С могут возникнуть проблемы, связанные с потерей изделиями эксплуатационных свойств в связи с разупрочняющим воздействием температур ТДЦ на структуру стали. Согласно данным источника [1], диффузионное цинкование не оказывает влияние на относительное удлинение, а так же пределы прочности и текучести стали. Однако, для изделий подверженных термической обработке, а так же деталей с регламентируемыми требованиями к прочностным характеристикам обработка данным способом может вызвать изменение регламентируемых соответствующей нормативно-технической документации характеристик. Изменение эксплуатационных свойств термически обработанных стальных изделий может

произойти как за счет термического воздействия температур реализации процесса ТДЦ на структуру стали, так и за счет формирования в поверхностной зоне детали интерметаллидного диффузионного слоя состоящего из высокотвердых, но в то же время хрупких фаз, в которых возможно зарождение и развитие усталостных трещин.

Крепеж с классами прочности 5,8, 8,8, 10,9 прошедший окончательную термическую обработку, оцинкованный способом ТДЦ и электролитическим цинкованием, подвергли испытаниям на разрыв. В ходе проведения испытаний разрушение всех образцов крепежных элементов происходило по резьбе. Результаты испытания на разрыв, представленные в таблицах 2, 3, не выявили изменения эксплуатационных характеристик диффузионно оцинкованного крепежа с указанными классами прочности 5,8, 10,9 и 8,8.

Таблица 2 – Испытание болтов на растяжение (указанный класс прочности 8,8)

Номинальный диаметр резьбы, мм	Вид обработки болта	Реальное значение временного сопротивления σ_B (Н/мм ²)	Нормативное минимальное значение временного сопротивления σ_B (Н/мм ²)
1	2	3	4
8	Закалка + отпуск + ТДЦ (1)	552	800
8	Закалка + отпуск + ТДЦ (2)	601	800
8	Закалка + отпуск + ТДЦ (3)	612	800
8	Закалка + отпуск + гальваника (1)	519	800
8	Закалка + отпуск + гальваника (2)	525	800
8	Закалка + отпуск + гальваника (3)	607	800
6	Закалка + отпуск + ТДЦ (1)	627	800
6	Закалка + отпуск + ТДЦ (2)	647	800
6	Закалка + отпуск + ТДЦ (3)	587	800
6	Закалка + отпуск + гальваника (1)	677	800
6	Закалка + отпуск + гальваника (2)	706	800
6	Закалка + отпуск + гальваника (3)	617	800

Таблица 3 – Испытание болтов на растяжение (указанный класс прочности 5,8)

Номинальный диаметр резьбы, мм	Вид обработки болта	Реальное значение временного сопротивления σ_B (Н/мм ²)	Нормативное минимальное значение временного сопротивления σ_B (Н/мм ²)
1	2	3	4
8	Холодная штамповка + ТДЦ (1)	634	520
8	Холодная штамповка + ТДЦ (2)	628	520
8	Холодная штамповка + ТДЦ (3)	623	520
8	Холодная штамповка + гальваника (1)	623	520
8	Холодная штамповка + гальваника (2)	628	520
8	Холодная штамповка + гальваника (3)	617	520
6	Холодная штамповка + ТДЦ (1)	607	520
6	Холодная штамповка + ТДЦ (2)	646	520
6	Холодная штамповка + ТДЦ (3)	667	520
6	Холодная штамповка + гальваника (1)	706	520
6	Холодная штамповка + гальваника (2)	607	520
6	Холодная штамповка + гальваника (3)	607	520

Следует отметить, что для ряда образцов с классами прочности 5,8 и 8,8 значение действительных прочностных показателей (временное сопротивление) не соответствовало, указанным значениям на изделии. Не смотря на то, что прочностные параметры образцов с классами прочности 5,8 и 8,8 не соответствуют указанным, фактическое значение временного сопротивления для данной группы образцов, оцинкованных способом ТДЦ сопоставимо с данными временного сопротивления для образцов с электролитическим цинковым покрытием, а так же без защитного покрытия. Данный факт свидетельствует об исключении влияния температур реализации процессов ТДЦ порядка 420 °С на прочностные характеристики изделий. Следует отметить, что с повышением температуры диффузионного цинкования свыше 420 °С вероятность разупрочнения термически обработанного крепежа возрастает [3].

Таким образом, применяя технологии ТДЦ для антикоррозионной защиты деталей с регламентируемыми прочностными параметрами, следует учитывать влияние температур реализации процесса ТДЦ на структуру и эксплуатационные свойства изделий после предварительной и окончательной термической обработки. Результаты сравнительных испытаний на растяжение, не выявили изменения эксплуатационных характеристик диффузионно оцинкованного крепежа с указанными классами прочности 5,8, 10,9 и 8,8. Фактическое значение временного сопротивления для данной группы образцов, оцинкованных способом ТДЦ сопоставимо с данными временного сопротивления для образцов с электролитическим цинковым покрытием, а так же без защитного покрытия. Данный факт свидетельствует об исключении влияния температур реализации процессов ТДЦ (420 °С, 60 мин.) на прочностные характеристики изделий. С повышением температуры диффузионного цинкования свыше 420 °С вероятность разупрочнения термически обработанного крепежа возрастает.

УДК 621.78.066.6

Применение сплавов с эффектом памяти формы в медицине

Студенты гр. 10401114 Кривенький А.В, Синкевич А.П.
Научный руководитель Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Эффект памяти формы (ЭПФ) состоит в том, что образец, имеющий определенную форму в аустенитном состоянии при повышенной температуре, деформируют при более низкой температуре мартенситного превращения. После последующего нагрева происходит обратное превращение мартенсита в аустенит и исходная форма изделия восстанавливается. ЭПФ проявляется в сплавах, характеризующихся термоупругим мартенситным превращением, когерентностью решеток исходной аустенитной и мартенситной фаз, сравнительно небольшой величиной гистерезиса структурного превращения, а также малыми изменениями объема при превращениях.

В настоящее время сплавы с ЭПФ широко используют в медицине для зажимов при защемлении слабых вен (рисунок 1, а); замещении хрящей головки бедренной кости, заменяющий материал становится самозажимным под действием сферической формы головки бедренной кости (рисунок 1, б); стержней для коррекции позвоночника при сколиозе (рисунок 1, в); ортопедических имплантов (рисунок 1, г); для исправления зубного ряда (рисунок 1, д);

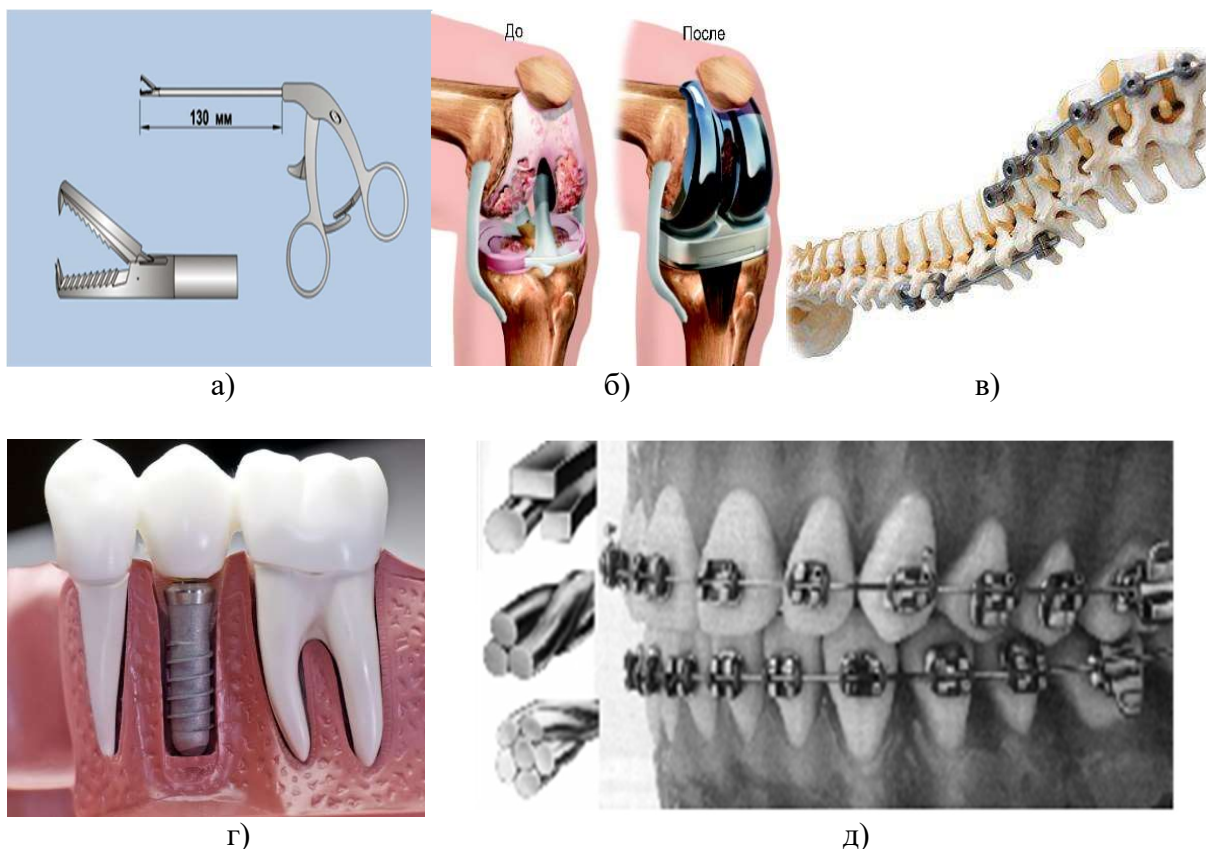


Рисунок 1 – Примеры использования сплавов с ЭПФ в медицине:
 а – зажимы при защемлении слабых вен; б – замещение хрящей головки бедренной кости; в – стержни для коррекции позвоночника при сколиозе; г – ортопедические импланты;
 д – исправление зубного ряда;

УДК 669.1.015 (510)

Принципы маркировки сталей в Китае

Студент гр.10401116 Лешок В.А.
 Научный руководитель – Вейник В. А.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Стали классифицируются по химическому составу, свойствам и области применения. В России, США, Европе, Японии и Китае используются различные способы маркировки для аналогичных сталей [1]. В соответствии с национальным стандартом Китая (GB) «GB221–79. Метод маркировки стальных продуктов»; для маркировки сталей следует применять комбинацию из букв романской транслитерации мандарина Han–YuPin–Yin (HanyuPinyin) – это китайский, но латинским алфавитом, химических символов и арабских цифр. То есть химические элементы в маркировке стали обозначаются с помощью международных химических символов, т.е. Si, Mn, Cr, и т.д. Добавки редкоземельных элементов обозначаются символом «RE»(или «Xt»). Наименование стальных изделий, способы плавки и отливки обычно обозначаются первой буквой Han–YuPin–Yin. Процентное содержание основных химических элементов показывается арабскими цифрам.

Конструкционная углеродистая сталь: Маркировка составляется из «Q + число + символ класса качества + символ способа раскисления». «Q» в начале маркировки указывает на предел текучести стали, или условный предел текучести стали, если физический

не существует. А цифры после этой буквы дают величину предела текучести в МПа, т.е. Q235 это маркировка углеродистой конструкционной стали с пределом текучести 235 МПа. Если необходимо, то далее дописываются символ качества и метод раскисления. Для классов качества используются символы А, В, С и D. Для обозначения способов раскисления используются следующие символы: F для кипящей стали; b для полуспокойной стали; Z для спокойной стали; TZ для специальных сортов спокойной стали. Спокойная сталь может и не маркироваться, т.е. символы Z и TZ необязательны. Пример: Q235–AF углеродистая кипящая сталь сорта А с пределом текучести 235 МПа. Отечественным аналогом данной стали является СтЗкп. для малонагруженных элементов сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при температуре от –40 до 400 °С.

Качественная конструкционная углеродистая сталь: Для стали со средним процентным содержанием углерода 0,45 % маркировка будет 45. Например: Steel 50. Отечественными аналогами данной стали являются стали 50, 45, 55. Эти сталь применяется, как диски трения, валы, шестерни, шлицевые валы, шатуны, распределительные валики, втулки подшипников, кривошипы, шпиндели, ободы маховиков, коленвалы дизелей и газовых двигателей и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и износостойкости [2].

Инструментальная углеродистая сталь: В начале маркировки ставится буква Т. Т8 указывает на среднее процентное содержание углерода 0,8 %. Сталь Т8 является аналогом стали отечественной маркировки У8. Эта сталь используется в промышленности для инструмента, работающего в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: фрез, зенковок, топоров, стамесок, долот, пил продольных и дисковых, накатных роликов, кернеров, отверток, комбинированных плоскогубцев, боковых кусачек. Поскольку содержание фосфора и серы в высококачественной инструментальной углеродистой стали ниже, чем в обычной коммерческой, для указания разницы следует добавлять А в конце кода, например, Т8МпА. Отечественный аналог – У8ГА [3].

Автоматная сталь: В начале маркировки ставится буква Y. Для автоматной стали со средним содержанием углерода 0,3% маркировка будет Y30. Отечественным аналогом является А30. Для указания высокого содержания марганца используют тоже правило, что и для углерода, но с добавлением символа Мп в конце кода, например, «Y40Мп». Отечественным аналогом является А40Г. Применяется для детали сложной формы, обрабатываемые на станках–автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте, поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях: оси, валики, втулки, кольца, шестерни, пальцы, винты, болты, гайки, ходовые винты.

Легированная конструкционная сталь: Основные компоненты сплава (легирующие элементы) обычно указываются в процентах, но если содержание компонента < 1,5 %, то обычно записывается только символ химического элемента, например, 40Cr. Отечественным аналогом является 40Х. При среднем содержании хрома больше или равного 1,5 %, никеля большего или равного 2,5%, и вольфрама большего или равного 3,5 %, в маркировку будут записаны 2, 3, и 4 сразу за символом элемента, например, 18Cr2Ni4WA. Отечественным аналогом является 18Х2Н4ВА. Для указания высококачественной легированной конструкционной стали, в отличие от коммерческой, следует добавлять «А» в конце кода [4].

Высоколегированная высокопрочная сталь: Метод обозначения в основном тот же, что и для легированной конструкционной стали. Примером может служить сталь марки Ni18Co9Mo5Ti. Советским аналогом является Н18К9М5Т, которая служит для изделий с высокой прочностью при достаточной пластичности и вязкости, высоким сопротивлением малым пластическим деформациям, хрупкому и усталостному разрушению. Применяется в машиностроении, приборостроении и инструментальной промышленности.

Легированная инструментальная сталь: Если среднее содержание углерода в легированной инструментальной стали более или равного 1,0 %, то символ не требуется. Если

среднее содержание углерода менее 1,0 %, то необходимо указать цифру содержания углерода. Например, в стали Cr12 (Отечественный аналог – X12) содержание углерода чуть более 2 %, значит содержание углерода не указывается. В стали 3Cr2W8V (Отечественный аналог – 3X2W8Ф) содержание углерода 0,3–0,4 %, значит в начале стоит цифра 3. Метод обозначения содержания легирующих добавок в основном такой же, как и у легированных конструкционных сталей. В быстрорежущих инструментальных сталях содержание углерода не указывается, например, W18Cr4V (Отечественный аналог – P18).

Подшипниковая сталь: В начале маркировки ставится буква «G». Для хромистой подшипниковой стали высокое содержание углерода в маркировке не указывается. Например, GCr15. Отечественным аналогом является ШХ15. Применяется в промышленности в виде шариков диаметром до 150 мм, роликов диаметром до 23 мм, колец подшипников с толщиной стенки до 14 мм, и других детали, от которых требуется высокая твердость, износостойкость и контактная прочность [5].

Нержавеющая сталь: 2Cr13 (Отечественный аналог – 12X13) имеет среднее содержание углерода 0,2%. Используется в промышленности, как изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред при комнатной температуре, а также детали, работающие при 450–500 °С.

Список использованных источников

1. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989.
2. "Марочник сталей и сплавов" Под общ. ред. А. С. Зубченко 2–е издание доп. и испр. М.: Машиностроение, 2003г.
3. Ключ к сталям / Вегст К., Вегст М.; Под общ. ред. М. Веста, К. Вегста. – М.: Профессия, 2006.
4. Марочник сталей и сплавов / Юрий Каширский, Александр Дегтярев, Михаил Колоскови др.; Под общ. ред. Ю. В. Каширского. – М.: Машиностроение, 2015.
5. В. Г. Сорокина, М. А. Гервасьева. Стали и сплавы. Марочник. М.: Машиностроение, 2001.

УДК 669.1.015

Основные марки сталей и их зарубежные аналоги

Студент гр. 10401116 Лешок В.А.
Научный руководитель – Вейник В. А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Стали с одинаковым химическим составом маркируются по-разному в разных странах [1]. При этом они имеют примерно одинаковый химический состав и область применения. Стали классифицируются по назначению на конструкционные, строительные, цементируемые, улучшаемые, высокопрочные, пружинные, подшипниковые, автоматные, износостойкие, коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие, криогенные, инструментальные и так далее. По содержанию примесей стали могут быть обыкновенного качества, качественные, высококачественные, особовысококачественные. Рассмотрим маркировки наиболее широко используемых групп сталей [2]. Маркировка сталей приведена в таблице 1.

Стали могут отличаться способом производства, и соответственно количеством вредных примесей, содержащихся в них. Химический состав сталей и их свойства не будут значительно отличаться. То есть все стали одного ряда таблицы примерно одинаковы [3].

Таблица 1 – Сравнительный анализ марок стали разных стран

Качественные конструкционные углеродистые стали						
Китай / ChinaGB	Беларусь / ГОСТ	США / USA ASTM	Великобритания / UK BS	Япония / JapanJIS	Франция / FranceNF	Германия / GermanyDIN
10	10	1010, 1012	045M10	S10c	XC10	C10,CK10
20	20	1020	050A20	S20C	XC18	C22,CK22
35	35	1035	060A35	S35C	XC38TS	C35,CK35
15Mn	15Г	1016,1115	080A17	SB46	XC12	14Mn4
40Mn	40Г	1036,1040	080A40	S40C	40M5	40Mn4
Конструкционные легированные стали						
20Mn2	20Г2	1320,1321	150M19	SMn420	32M5	–
40Mn2	40Г2	1340	–	SMn443	40M5	–
15Cr	15X	5115	523M15	SCr415(H)	12C3	15Cr3
45Cr	45X	5145,5147	534A99	SCr445	45C4	–
15CrMo	15ХМ	A387Cr.B	1653	STC42	12CD4	16CrMo44
Пружинные стали						
55Si2Mn	55С2Г	9255	250A53	SUP6	55S6	55Si7
60	60	1060	080A62	S58C	XC55	C60
60Si2MnA	60С2ГА	9260	250A61	SUP7	61S7	65Si7
50CrVA	50ХФА	6150	735A50	SUP10	50CV4	50CrV4
Подшипниковые стали						
GCr9	ШХ9	E51100	–	SUJ1	100C5	105Cr4
GCr15	ШХ15	E52100	534A99	SUJ2	100C6	100Cr6
Углеродистые инструментальные стали						
T12	y12	W1-1.2C	D1	SK2	Y2 120	C125W
T13	y13	–	–	SK1	Y2 140	C135W
Нержавеющие инструментальные стали						
W	B1	F1	BF1	SK21	–	120W4
Cr12MoV	X12M	D2	BD2	SKD11	Z200C12	X165CrMoV46
Быстрорежущие инструментальные стали						
W18Cr4V	P18	T1	BT1	SKH2	Z80WCV	S18-0-1
W6Mo5Cr4V2	P6M3	N2	BM2	SKH9	Z85WDCV	S6-5-2
W18Cr4VCo5	P18K5Ф2	T4	BT4	SKH3	Z80WKCV	S18-1-2-5
Нержавеющие стали						
1Cr18Ni9	12X18H9	302	302S25	SUS302	Z10CN18.09	X12CrNi188
1Cr17	12X17	430	430S15	SUS430	Z8C17	X8Cr17
Жаропрочные стали						
2Cr25Ni21	20X25H20C2	310	310S24	SUH310	Z12CN25.20	CrNi2520
0Cr17Ni12Mo2	08X17H13M2T	316	316S16	SUS316	Z6CND17.12	X5CrNiMo1810
0Cr18Ni11Nb	08X18H12E	347	347S17	SUS347	Z6CNNb18.10	X10CrNiNb189

Список использованных источников

1. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.]; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989.
2. Вегст К. Ключ к сталям / К. Вегст, М. Вегст; Под общ. ред. М. Веста, К. Вегста. – М.: Профессия, 2006.
3. Сорокина В. Г. Стали и сплавы. Марочник / В. Г. Сорокина, М. А. Герасьева. – М.: Машиностроение, 2001.

Студентка гр.10401116 Моисеева А.Ю.

Научный руководитель: Вейник В. А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Использование монокристаллического литья позволяет получить кристалл с отсутствием межкристалльных связей, что позволяет получить более высокими значениями кратковременной и длительной прочности, а также пластичности и жаропрочности. Также монокристаллы с идеальной кристаллической решёткой обладают сверхвысокой химической инертностью, то есть даже вольфрам даже при сверхвысоких температурах и давлениях способен выдержать натиск чистого фтора, самого сильного из естественных окислителей таблицы Менделеева. Монокристаллы хорошо сохраняют свои механические свойства до температур близких к своей температуре плавления, обладают исключительно высокой криогенной стойкостью. Идеальные монокристаллы не подлежат усталостному разрушению при любом количестве нагружений. Это объясняется тем, что появление микротрещин всегда происходит в районах скопления дислокаций, в результате циклических нагружений металла дислокации выстраиваются в ряд, формируя микротрещину. Если дислокаций нету, то трещина, соответственно, не формируется, и металл сохраняет свою структуру вплоть до момента, пока не будет превышен предел его прочности.

Монокристаллическое литьё широко применяется для изготовления отливок из жаропрочных сплавов со структурой, представляющей собой совокупность дендритных столбчатых зерен, ориентированных вдоль определенных кристаллографических направлений, в которых действуют максимальные рабочие напряжения в деталях; при этом в пределе устраняются поперечные границы зерен, являющиеся потенциальными очагами разрушений.

Монокристаллические зародыши, используемые для изготовления монокристаллических направляющих сопловых аппаратов для двигателей гражданского или военного назначения, изготавливают также способом литья по выплавляемым восковым моделям. Различные этапы такого изготовления прежде всего состоят в изготовлении воскового модельного комплекса, содержащего затравку, диафрагму и стержень, имеющий цилиндрическую форму зародышей, которые необходимо получить. Как правило, зародыши формируют с плоским срезом (леской) для обеспечения возможности ориентации в оболочковой литейной форме детали и для обеспечения кристаллографической ориентации дендритов получаемой детали.

Режим изготовления зародышей заключается в следующем. Вокруг восковой модели, содержащей затравку, диафрагму и стержень, выполняют керамическую оболочку. Эту оболочку получают при помощи чередующихся операций погружения в керамический шликер с последующим нанесением слоев песка путем погружения в псевдооживленный слой или путем припыливания сверху. После каждого погружения и нанесения слоя керамического песка осуществляют межслойную сушку. Эту последовательность операций повторяют множество раз до получения необходимой толщины оболочковой формы. После этого производят окончательную сушку.

Следующий этап состоит в удалении воска из оболочковой формы и осуществлении ее обжига. После этого она готова для литья сплава. Монокристаллический зародыш помещают в цилиндрическое гнездо, предусмотренное для этого в основании керамической оболочки, затем ее помещают в камеру традиционной печи для направленной кристаллизации. Металл заливают в форму, заполняя пустое пространство, оставшееся после удаления воска. Сплав входит в контакт с зародышем, который ча-

стично плавится. Проводят кристаллизацию вытяжкой. В конце вытяжки получают монокристаллический стержень. После этого оболочку отбивают; стержни разрезают по необходимым размерам и подвергают контролю для проверки первичных и вторичных ориентаций полученных зародышей. Эти зародыши можно использовать в качестве затравок для изготовления монокристаллических деталей, например, направляющих сопловых аппаратов. Это специальное изготовление представляет собой дополнительную фазу в процессе изготовления монокристаллических деталей.

Такой способ литья позволяет осуществлять рентгеновский кристаллографический контроль детали на исходном зародыше. Одновременно с контролем кристаллографической ориентации исходного зародыша могут параллельно осуществляться операции по окончательной обработке монокристаллической детали. А также изготовления восковых моделей; 3D сканирование в структурированном свете для измерения всей поверхности компонентов; компьютерную томографию (КТ), которая предназначена для измерения готовой внутренней структуры детали.

УДК 669.018.44

Современные жаропрочные сплавы

Студентка гр. 10401116 Моисеева А.Ю.

Научный руководитель: Вейник В. А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Существует множество жаропрочных сплавов, которые широко используются в машиностроении и, в особенности, авиастроении. В состав жаропрочных сплавов входят множество элементов, такие как, хром, молибден, вольфрам, алюминий и др. В статье рассмотрены сплавы Hastelloy и Inconel, применяемые фирмой General Electric для изготовления деталей газотурбинных двигателей.

Hastelloy – наименование группы сплавов на основе никеля, помимо жаропрочностных свойств, также имеют высокую стойкость к коррозии. Зарегистрированная торговая марка компании Haynes International, Inc. В состав сплавов «Хастеллой», как правило, входит молибден, также могут присутствовать хром, железо, углерод.

Основной функцией этих сплавов является эффективная работа при высоких температурах и давлениях, а также в условиях контакта с агрессивными веществами, когда обычные или более дешевые сплавы должным образом не удовлетворяют технологическим требованиям, например, в оборудовании атомных реакторов, различных химических реакторах, трубах и клапанах в химической промышленности. Часто применяется также газотермическое напыление таких сплавов.

Марки сплавов «Hastelloy»: HastelloyB2, HastelloyB3, HastelloyC4, HastelloyC22, HastelloyC2000, HastelloyC276, HastelloyG30, HastelloyN, HastelloyW. Химический состав сплавов Hastelloy приведен в таблице 1.

Inconel – семейство аустенитных никель–хромовых жаропрочных сплавов. Зарегистрированный торговый знак компании Special Metals Corporation. Инконель обычно применяется при высоких температурах. Часто название сокращают до «Inco» (иногда «Inconel»). Поскольку название запатентовано, другие фирмы выпускают аналоги сплава с разнообразными названиями, так, для Inconel 625 аналогами являются: Chronin 625, Altemp 625, Haynes 625, Nickelvac 625 и Nicrofer 6020. Сплавы Инконель стойки к окислению и коррозии. При нагреве Инконеля на его поверхности образуется тонкая устойчивая пассивирующая окисная пленка, предохраняющая поверхность от дальнейшего разрушения. Инконель сохраняет прочность в широком промежутке температур, поэтому подходит для тех применений, для которых не подходят алюминий или сталь.

Таблица 1 – Химический состав сплавов Hastelloy

Сплав	Co, %	Cr, %	Mo, %	W, %	Fe, %	Si, %	Mn, %	C, %	Ni	Другое
B-2	1	1	28	–	2	0,1	1	0,01	Основа	–
B-3	3	1,5	28,5	3	1,5	0,1	3	0,01	65 min.	Al-0,5, Ti-0,2
C-4	2	16	16	–	3	0,08	1	0,01	Основа	Ti-0,7
C-2000	2	23	16	–	3	0,08	–	0,01	Основа	Cu-1,6
C-22	2,5	22	13	3	3	0,08	0,5	0,01	Основа	V-0,35
C-276	2,5	16	16	4	5	0,08	1	0,01	Основа	V-0,35
G-30	2	30	5,5	2,5	15	1	1,5	0,03	Основа	Nb-0,8, Cu-2
N	0,2	7	16	0,5	5	1	0,8	0,08	Основа	Al+Ti-0,5, Cu-0,35
W	2,5	5	24	–	6	1	1	0,12	Основа	V-0,6

Инконель часто используется в экстремальных условиях – газотурбинный, компрессор, химические аппараты, пароперегреватели. Инконель наносят как защитное покрытие аппаратов химической промышленности с помощью высокоскоростного газопламенного напыления.

Химический состав некоторых сплавов Inconel приведен в таблица 2.

Таблице 2 – Химический состав сплавов Inconel

Inconel	Элемент (масс %)							
	Ni	Cr	Fe	Mo	Nb	Co	Mn	Ti
600	72,0	14,0–17,0	6,0-10,0	–	–	–	1,0	–
625	58,0	20,0–23,0	5,0	8,0-10,0	3,15-4,15	1,0	0,5	0,4
718	50,0–55,0	17,0–21,0	balance	2,8-3,3	4,75-5,5	1,0	0,35	0,3
	Si	C	S	P	B	Al	Cu	
600	0,5	0,15	0,015	–	–	–	0,5	
625	0,5	0,1	0,015	0,015	–	0,4	–	
718	0,35	0,08	0,015	0,015	0,006	0,65–1,15	0,2–0,8	

УДК 621.7

Комбинированная технология упрочнения стальных деталей на основе электроискрового легирования и химико-термической обработки

Студент гр. 10401113 Судников М.А.

Научный руководитель – Дашкевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Одним из эффективных способов повышения эксплуатационных характеристик изделий с уже нанесенными покрытиями является их последующая химико-термическая обработка [1, 2]. Насыщение уже сформированных покрытий различными элементами частично изменяет их состав, создавая благоприятные напряжения сжатия и частично устраняя дефекты структуры. Кроме этого существует возможность получения регулярного рельефа, с участками преимущественно одного или другого покрытия.

Целью данной работы является анализ возможностей комбинирования двух эффективных способов упрочнения поверхности деталей машин: электроискрового легирования (ЭИЛ) и последующей химико-термической обработки (ХТО).

ЭИЛ основано на явлении электрической эрозии и полярного переноса материала анода (электрода) на катод (деталь) при протекании импульсных разрядов в газовой

среде. В результате ЭИЛ на поверхности детали формируется слой покрытия (0,01–0,2 мм), состоящий из износо-, жаро- или эрозионно-стойких материалов [3].

В качестве исследуемого процесса ХТО было выбрано порошковое борирование. Борирование в порошковых смесях, содержащих определенные компоненты, проводится при печном нагреве в герметичном контейнере с плавким затвором. Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получить высокие физико–механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности, отсутствие скалываемости диффузионного слоя и других дефектов.

При совмещении двух технологических процессов упрочнения нужно учитывать применяемые материалы и образующиеся структуры. Для рассматриваемого случая, покрытия, формирующиеся при электроискровой обработке можно разделить на две группы: 1 – покрытия, способствующие интенсификации процесса диффузии элемента, в нашем случае бора и 2 – барьерные покрытия, частично или полностью подавляющие процесс диффузии элемента вглубь изделия. Наиболее перспективным направлением сочетания рассматриваемой комбинации является возможность получения регулярных покрытий, состоящих из боридных участков, обособленных друг от друга фрагментами электроискрового покрытия.

Применение такой совмещенной обработки может проходить по следующим схемам, представленным на рисунке 1.

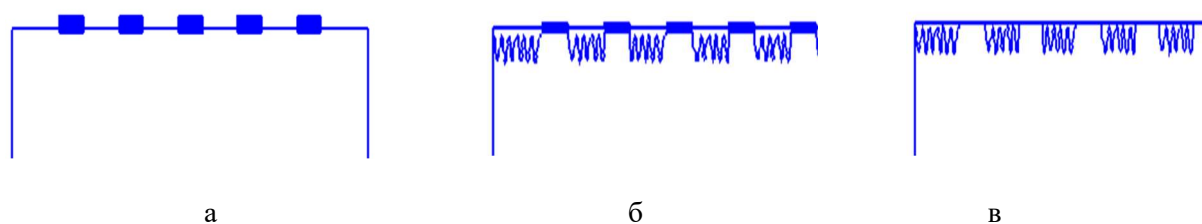
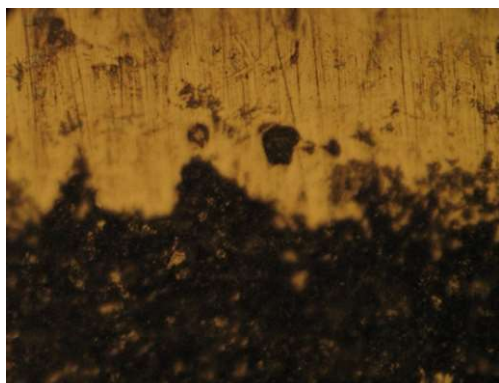


Рисунок 1 – Схема получения покрытия при комбинации ЭИЛ и ХТО:
а – нанесение ЭИЛ покрытия; б – порошковое борирование; в – механическая обработка

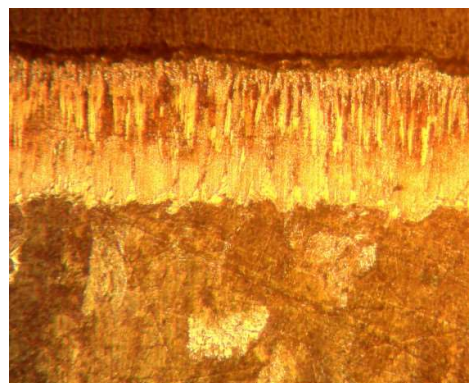
Основные недостатки ЭИЛ это:

- низкая скорость процесса, зависящая от частоты импульсов, т.е. от частоты механических колебаний вибратора с анодом;
- дискретный вид покрытия из-за особенностей процесса переноса металла с анода на поверхность катода;
- невозможность обработки труднодоступных мест;
- возможность нанесения покрытий только из электропроводных материалов;
- неравномерность формирующегося покрытия и значительная дефектность структуры в виде открытой пористости и неметаллических включений (рисунок 2, а).

Известно, что сплошные боридные слои (рисунок 2, б) обладают хрупкостью, которая связана с упругими свойствами боридов. В условиях, когда не возможно перераспределение упругих деформаций в основной металл происходит достаточно быстрое скалывание диффузионного боридного слоя. При формировании участков боридных игл, обособленных между собой фрагментами покрытия полученного ЭИЛ, должна происходить частичная компенсация упругих деформаций и как следствие снижение хрупкости получаемого композиционного покрытия.



а



б

Рисунок 2 – Микроструктуры покрытий, полученных при ЭИЛ стальной основы (а, $\times 500$ (косой шлиф) и борирования (б, $\times 200$)

Список использованных источников:

1. Колмыков, Д. В. Комбинированные методы восстановления и упрочнения стальных деталей / Д. В. Колмыков, О. В. Воробьева, В. В. Катенев // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2016 – № 4 (12) – С. 12–14.
2. Лисняк, А.Г. Комбинированный метод упрочнения поверхности стальных деталей / А.Г. Лисняк, В.В. Загора // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет». – № 1. – 2015. – С. 90–92.
3. Электроискровое легирование металлических поверхностей / А.Е. Гитлевич [и др.]. – Кишинев: Изд-во «Штиинца». – 196 с.

**Машины
и технология
литейного
производства**

Использование языка программирования Visual Basic для расчета коэффициентов и построение уравнений регрессии полного факторного эксперимента

Студенты: гр. 10404115 Русевич О.А., гр. 10404116 Горбань И.Н.

Научный руководитель: Гуминский Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Регрессия (лат. *Regressio* – обратное движение, переход от более сложных форм развития к менее сложным) – одно из основных понятий в теории вероятности и математической статистике, выражающее зависимость среднего значения случайной величины от значений другой случайной величины или нескольких случайных величин. Это понятие введено Фрэнсисом Гальтоном в 1886 [1].

Изучение корреляционных зависимостей основывается на исследовании таких связей между переменными, при которых значения одной переменной, ее можно принять за зависимую переменную, «в среднем» изменяются в зависимости от того, какие значения принимает другая переменная, рассматриваемая как причина по отношению к зависимой переменной. Действие данной причины осуществляется в условиях сложного взаимодействия различных факторов, вследствие чего проявление закономерности затемняется влиянием случайностей. В общем виде задача статистики в области изучения взаимосвязей состоит не только в количественной оценке их наличия, направления и силы связи, но и в определении формы (аналитического выражения) влияния факторных признаков на результативный. Для ее решения применяют методы корреляционного и регрессионного анализа [2].

Уравнение регрессии $Y = f(x)$ – это формула статистической связи между переменными.

Прямая линия на плоскости (в пространстве двух измерений) задается следующим уравнением:

$$Y = A + B \cdot x.$$

Переменная Y может быть выражена через константу (A) и угловой коэффициент (B), умноженный на переменную x . Константу иногда называют также свободным членом, а угловой коэффициент – регрессионным или B -коэффициентом [3].

Уравнение регрессии является хорошим аналитическим описанием имеющихся данных, но не законом, описывающим взаимосвязи параметров и показателя. Это уравнение применяют для расчета значений показателя в заданном диапазоне изменения параметров. Оно ограничено пригодно для расчета вне этого диапазона, т.е. его можно применять для решения задач интерполяции и в ограниченной степени для экстраполяции. На основе теоретического анализа нередко могут быть сделаны общие выводы относительно направления связи, возможности его изменения в исследуемой совокупности, правомерности использования линейной зависимости, возможного наличия экстремальных значений и т.п. Необходимым дополнением такого рода предположений должен быть анализ конкретных фактических данных.

В литейном производстве для оптимизации и упорядочения проведения экспериментов можно использовать матрицы планирования полного факторного эксперимента. По результатам опытов производят вычисление коэффициентов A и B , на основании которых строят уравнения регрессии [3]. Чтобы упростить задачу расчетов коэффициентов регрессии и построения уравнений была нами разработана программа «Уравнение регрессии», которая обрабатывает данные полного факторного эксперимента 2^2 . Написана программа на языке программирования Visual Basic 6.0.

Блок-схема программы «Уравнение регрессии» представлена на рисунке 1.

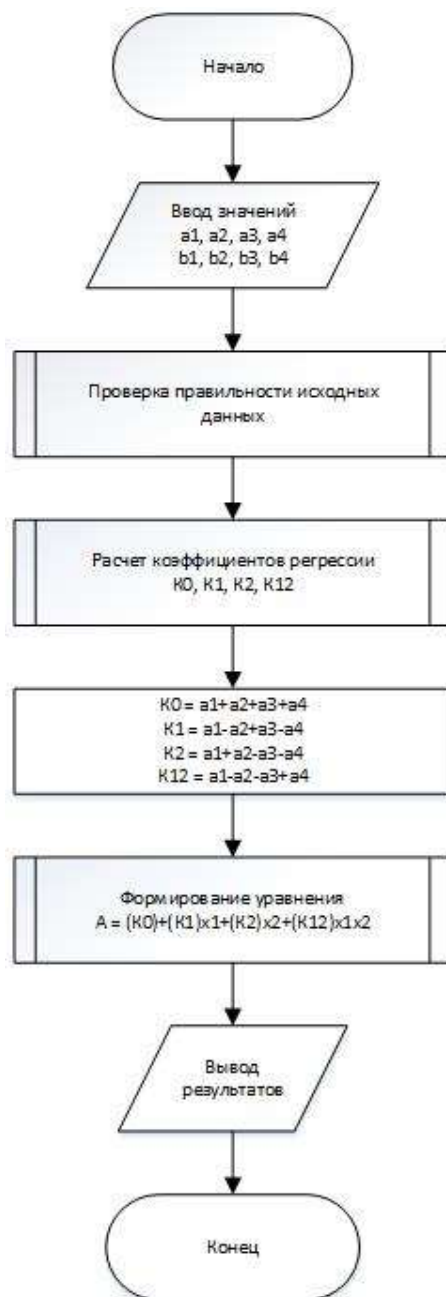
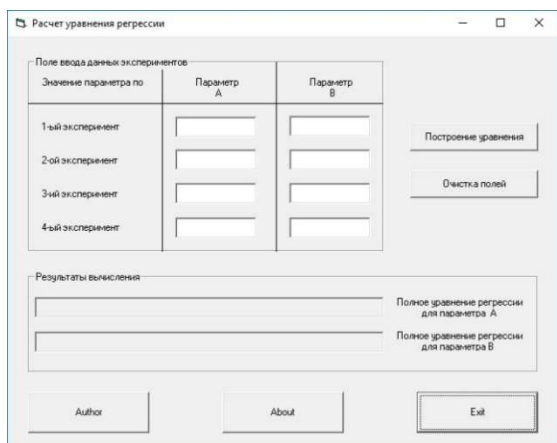


Рисунок 1 – Блок-схема программы «Уравнение регрессии»

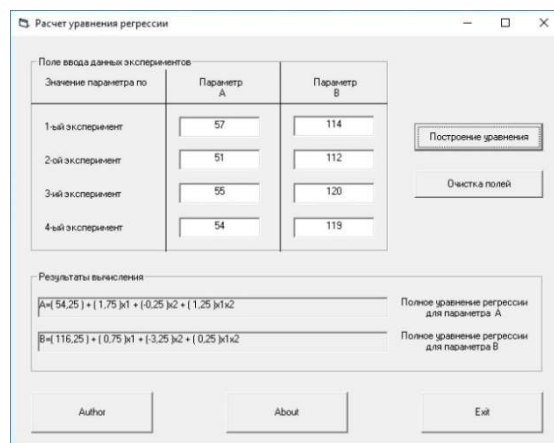
Описание алгоритма в псевдокодах:

1. Начало;
2. Ввод исходные данные – $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, b_4$;
3. Проверка правильности ввода данных (тип данных);
4. Расчет коэффициентов уравнения регрессии;
5. Формирование уравнений регрессии из полученных коэффициентов регрессии;
6. Вывод результатов;
7. Конец.

Рабочее окно (main frame) имеет поле ввода данных, куда вставляются реальные значения экспериментальных данных, и поле результатов вычислений (рисунок 2, а). Пример результата работы программы, а именно расчет коэффициентов регрессии и построение уравнений показаны на рисунке 2, б.



а)



б)

Рисунок 2 – Рабочее окно программы «Уравнение регрессии»: а – рабочее окно; б – пример результата работы

Данная программа находится на стадии рабочей альфа-версии, чтобы разработать алгоритм и концепцию программы. С этой же целью программа написана на высокоуровневом языке программирования Visual Basic, который является средством быстрой разработки (RAD). В дальнейшем планируется расширить диапазон степени матрицы полного факторного эксперимента до 2^5 , «научить» программу оптимизировать уравнения регрессии по степени влияния коэффициентов регрессии, добавить функцию построения совмещенных графиков и перенести на язык программирования Java.

Список использованной литературы

1. Сизова, Т.М. Статистика. Учебное пособие / Т.М. Сизова.– НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
2. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. Applied Regression Analysis / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Диалектика, 3-е изд., 2007. – 912 с.
3. Кукуй, Д.М. Математическое планирование исследований жидкостекольных связующих материалов модифицированных наноструктурированными добавками / Д.М. Кукуй, Ю.Ю. Гуминский // Сб. науч. работ XII Республ. студенч. науч.-техн. конф. «Новые материалы и технологии их обработки». – Минск: БНТУ, 2011. – С. 64–65.

УДК 621.742.486; 621.742.59; 621.743.422

Современные методы повышения качества жидкостекольного связующего материала

Студенты гр. 10404115 Русевич О.А., гр. 10404116 Горбань И.Н.
 Научный руководитель: Гуминский Ю.Ю.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

В литейном производстве, в настоящее время, в качестве строжневых смесей используют ХТС. Данные смеси отличаются хорошими технологическими свойствами, такими как прочность, выбиваемость, живучесть и т.д. Однако, им присущи и существенные недостатки, главными из которых являются низкая экологичность и высокая газотворная способность, которая приводит к риску получения газовых дефектов в теле отливки. При заливки расплавом, под действием высоких температур смолы, являющиеся связующими материалами в ХТС, начинают выделять огромное количество токсичный и канцерогенных веществ, таких как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т.д. [1]

Одним из решений данной проблемы видится переход от смоляных связующих к более экологически чистым. Например, жидкостекольное связующее, которое удовлетворяет экологическим требованиям и имеет достаточно высокие показатели технологических свойств. Но стержневым смесям, на его основе характерны такие недостатки, как плохая выбиваемость стержней и высока хрупкость поверхностного слоя.

В последнее время ведется множество работ по улучшению этих качеств. Условно данные работы можно разделить на три группы [2]:

- различные добавки в смесь, во время перемешивания в смесителе;
- модифицирование непосредственно жидкостекольного связующего;
- различные способы физического воздействия как на смесь, так и на связующее.

В данной статье поговорим о способах модифицирования жидкостекольного связующего материала.

Афанасьева Р.С провела работу по исследованию и разработке способов получения жидкостекольных связующих прямым синтезом на базе недефицитных материалов, в том числе и различных отходов производства, способствующих улучшению физико-механических свойств и выбиваемости формовочных и стержневых смесей [3]. Решения вопроса повышения эффективности применения жидкостекольных связующих в плане сокращения длительности процесса прямого синтеза, улучшения термостойкости связующих и смесей на их основе, целесообразно применение неорганических модификаторов, способных воздействовать на процессы, протекающие в них при нагревании в высокотемпературной области (> 800 °С). К ним относятся материалы, содержащие фосфат-ион и алюминат-ион.

Также в ходе исследования по прямому синтезу модифицированных силикатных связующих (МСС) выявлено, что гидробаротермальная обработка активированного кремнезема в присутствии модификаторов позволяет получать силикатные связующие с новым уровнем свойств [1].

На основе полученных данных были сделаны выводы о том, что связующие, модифицированные ПАВ и алюминат-ионом, отличаются от немодифицированного жидкого стекла пониженной вязкостью, имеют более низкие значения поверхностного натяжения и краевого угла смачивания, а также увеличение когезионной прочности пленок.

Таким образом, исследование свойств смесей показало, что наиболее эффективными и перспективными для промышленной проверки являются силикофосфатные связующие, использование которых обеспечивает как повышение поверхностной и объемной прочности, так и облегчение выбиваемости и регенерируемости смесей.

Фирстовым А.П. было предложено провести разработку составов покрытий на основе натриевого жидкого стекла для песчано-глинистых форм, позволяющую улучшить качество отливки за счет предупреждения эрозии их поверхности [4].

Им был изучен процесс гелеобразования в системе жидкое стекло – кислота. Жидкое стекло при высыхании образует пленку молекулярного состава с диаметром структурных части размерами от одного до 10 нм. Образуется плотная упаковка покрытия, снижающая подвижность воды в литейной краске. Для образования пористого литейного покрытия с размерами пор 100–500 нм в жидком стекле его необходимо обработать кислотой и получить гель ортокремниевой кислоты. Самыми простыми реагентами являются кислоты со средней силой диссоциации (борная, уксусная, малеиновая, глутаровая, янтарная и т.д.). Сильные кислоты даже при низких концентрациях хорошо образуют гель кремниевой кислоты, но образуют соли, которые экологически вредны для литейного производства.

Для определения влияния плотности жидкого стекла и щавелевой кислоты на живучесть литейного покрытия были проведены опыты методом кислотно-основного титрования с использованием рН метра. Результаты показали, что, изменяя плотность жидкого стекла и объемное соотношение его с кислотой, можно получать требуемую живучесть. Контролируя постоянно рН, можно уверенно получать требуемую пори-

стость покрытия и его живучесть. Структурообразование пленок жидкого стекла происходит за счет слипания коллоидных частиц, сопровождающееся увеличением вязкости системы. Затем возникает трехмерная сетка и выделяется твердое пористое вещество – гидрогель. На обеих стадиях этого процесса идет реакция конденсации с образованием $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$ – связей. Однако на первой стадии образуются первичные частицы коллоидной ортокремниевой кислоты, а на второй – межглобулярные, удерживающие частицы в фиксированном положении.

Исходя из результатов экспериментов, автором было определено, что наибольшую пористость обеспечивает высокомодульное жидкое стекло при соотношении с кислотой 1:1,6, при этом пористость пленок увеличивается по сравнению с пористостью пленок необработанного жидкого стекла в 10 раз. Также установили, что пониженная плотность приводит к резким скачкам по времени коагуляции и понижению свойств жидкостекольной основы для будущей краски. Процентное содержание дисперсионной среды в красках, отверждаемых кислотой, существенно не влияет на изменение внутренних напряжений, но чем выше модуль стекла, тем выше напряжения.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наилучшие показатели по качеству поверхности формы после взаимодействия с движущимся металлом получаются из покрытий с жидким стеклом, обработанным кислотой [4].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что исследования в области улучшения качества жидкостекольного связующего активно ведутся и по сей день, и они являются перспективными. Также перспективным видится в качестве модификаторов использовать наноструктурированные материалы, которые в разы меньше размер глобулы силиката натрия. Введение различных специальных добавок в жидкостекольное связующее позволяет не только улучшать технологические свойства смеси, но и снижать затраты самого связующего для приготовления стержневой смеси.

Список использованных источников

1. Гуминский, Ю.Ю. Экологические проблемы на формовочных участках в литейных цехах и пути их решения / Ю.Ю. Гуминский, З.А. Несон //Литейное производство, 2016. – № 4(85). – С. 51–52.
2. Крутилин, А.Н. Влияние вакуума на свойства жидкостекольных смесей / А.Н. Крутилин, Ю.Ю. Гуминский // Иинновации в машиностроении (инмаш–2015). Сборник трудов VII Междунар. науч.–практ. конф. – Кемерово, 2015. – С. 451–456.
3. Афанасьева, Р.С. Разработка процесса прямого синтеза силикатных связующих и оптимизация составов смесей на их основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.С. Афанасьева. Минск, 1992.
4. Фирстов, А.П. Литейные противэрозионные формовочные покрытия на связующем из модифицированного жидкого стекла: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.П. Фирстов. Челябинск, 2007.

УДК 621.74:669.13

Высококремнистые чугуны

Студентка гр. 10404115 Ярошевич А.И.

Научный руководитель: Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Одним из главных факторов повышения эксплуатационной стойкости машин и механизмов является правильный выбор конструкционных материалов. Перспективным материалом, с точки зрения коррозионной стойкости, является высококремнистые чугуны, которые могут во многих агрессивных средах, при различных температурах и концентрациях.

Представляет интерес использование высокопрочных чугунов с повышенным содержанием кремния для деталей тракторостроения, например, в зарубежной практике, в форсированных двигателях для изготовления поршней применяют высокопрочный чугун с шаровидной формой графита. Для того, чтобы исключить рост чугуна в процессе работы при температурах 450–550 °С, который происходит вследствие распада цементита входящего в состав перлита, необходимо использовать ферритный высокопрочный чугун. В условиях воздействия высокой температуры и агрессивной среды, использование высококремнистых высокопрочных чугунов может позволить значительно повысить эксплуатационные характеристики двигателей. Однако, получение ферритных чугунов с шаровидной формой графита с прочностью на уровне порядка 600 МПа и относительным удлинением более 10 % достаточно трудно.

Высококремнистые железоуглеродистые сплавы (ферросилиды) характеризуются специфическими свойствами, которые обусловлены реализацией процессов упорядочения при фазовых переходах, образованием в структуре специальных фаз. Кремний относится к элементам, способствующим протеканию превращений в чугунах по стабильной системе. Под влиянием больших присадок кремния уменьшается растворимость углерода в чугунах и его количество, находящееся в связанном состоянии. Кремний сужает область существования γ -раствора и при содержании кремния выше 5 % в чугунах получается однородная ферритная структура металлической массы с графитом, которая практически исключает процессы графитизации и фазовые превращения при нагреве до относительно высоких температур.

Отличительной особенностью кремнистых чугунов является их высокая жаростойкость и ростоустойчивость в агрессивных средах: в атмосфере кислорода, углекислоты, сернистых газов и в атмосфере, в составе которой имеется водород.

Область применения чугунов ограничивается содержанием кремния, среднекремнистые чугуны, содержащие 4–8 % Si, обладают высоким сопротивлением окислению при температурах до 750 °С, высококремнистый чугун с содержанием 10 % Si наиболее часто применяемый вид кислотоупорного чугуна.

Для получения жаростойкого и ростоустойчивого литья для отливок, работающих при температурах до 800–900 °С, обычно применяют кремнистые чугуны содержащие 5–6 % Si, с пластинчатой формой графита, известные под названием силала. Сплавы с содержанием кремния (более 7 %), несмотря на повышенную жаростойкость и ростоустойчивость, практически не используются вследствие высокой хрупкости и трудностей с механической обработкой.

По величине жидкотекучести силал превосходит обычный серый чугун, что обеспечивает хорошее заполнение тонких полостей формы. Линейная усадка силала 1,2–1,3 %, т.е. почти не отличается от величины усадки обычного серого чугуна.

Переход от пластинчатой формы графита к шаровидной позволяет резко повысить жаростойкость и ростоустойчивость кремнистых чугунов. Прочность кремнистого магниевого чугуна при высокой температуре в 2–3 раза выше прочности обычного силала.

Большое влияние на механические и технологические свойства кремнистого чугуна оказывает содержание углерода. Уменьшение содержания углерода несколько улучшает прочностные свойства чугуна, способствует повышению жаростойкости. Однако при этом уменьшается жидкотекучесть, увеличивается усадка, появляется склонность к отбеливанию и образованию трещин в тонких сечениях отливок. Понижение содержания углерода до 2,3–2,8 % можно рекомендовать только для массивных отливок.

Кремний оказывает значительное влияние, как на структуру, так и на механические свойства высокопрочного чугуна. При содержании 3–3,3 % кремний способствует получению устойчивой ферритной структуры, пластичность чугуна понижается. Увеличение содержания кремния более 3,5 % ведет к появлению хрупкости. С точки зрения пластичности, лучше использовать чугуны с 2–2,4 % кремния, а для получения чистого феррита применять термическую обработку.

Структура ферросилида формируется как по стабильной, так и по метастабильной системе. Оптимальным сочетанием механических и литейных свойств обладают ферросилиды, состав которых по углероду и кремнию приближается к эвтектическому. Литейная усадка ферросилида сильно колеблется в зависимости от насыщенности газами и составляет 1,2–2,6 %. Из-за большой линейной усадки, при отливке сложных деталей, создаются значительные внутренние напряжения, возможно образование трещин непосредственно в процессе охлаждения отливки.

Свойства кремнистого чугуна можно улучшить, если концентрацию кремния поддерживать на нижнем пределе (5,0 %) и дополнительно легировать его хромом (0,5–0,8 %) и медью (1,2–1,5 %). Подобное сочетание легирующих элементов в чугуне нашло широкое распространение в литейном производстве Англии и США. В случае дополнительного легирования кремнистых чугунов хромом, алюминием, никелем или комплексом этих элементов, рабочая температура отливок может быть повышена до 1000 °С.

Увеличение объемов производства отливок из высококремнистых чугунов в различных областях промышленности, позволит значительно улучшить эксплуатационные свойства деталей, работающих в агрессивных средах при высоких температурах.

УДК 621.74

Графитизирующее и сфероидизирующее модифицирование чугуна

Студентка гр. 10404115 Ярошевич А.И.

Научный руководитель: Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Основными факторами регулирования литой структуры и уровня физико-механических и эксплуатационных характеристик высокопрочного чугуна являются качество исходного расплава, режимы модифицирования (включающие состав, количество, способ и очередность ввода присадок), скорость затвердевания металла. Существующие известные способы получения чугуна с шаровидным графитом, обработка модификаторами в печи, ковше или непосредственно в форме, не обеспечивают длительного сохранения графитизирующего и сфероидизирующего эффекта.

Основная цель графитизирующего модифицирования заключается в стимулировании выделения углеродсодержащих фаз, повышении устойчивости активных центров кристаллизации. Элементы, входящие в состав графитизирующих модификаторов, взаимодействуя с серой и газами, связывают их в химические соединения. Оксиды, сульфиды, нитриды, карбиды и т.д., имеющие структурное и размерное соответствие кристаллических решеток соответствующего металла или выпадающей фазы, могут служить в качестве активных кристаллических зародышей.

При использовании графитизирующих модификаторов на основе кремния в расплаве образуются микрогруппировки с высокой концентрацией кремния, растворимость углерода в этих зонах уменьшается, в результате выделяется избыточный углерод. Микрогруппировки в течение определенного времени становятся термодинамически неустойчивыми, происходит их дезактивация, что и определяет термовременной характер модифицирующего эффекта.

Увеличение продолжительности действия модифицирующего эффекта (живучести) – одна из основных задач повышения эффективности графитизирующего модифицирования. Действие модификатора ограничено во времени, поэтому для обеспечения максимального эффекта металл необходимо заливать как можно быстрее после ввода модификатора. Эффективность действия различных модификаторов различна. Модификатор, обеспечивающий высокое число эвтектических ячеек, не обязательно эффективен для снижения отбела.

Анализ известных теоретических и практических данных показывает, чем интенсивнее влияние модификатора в начальный момент после модифицирования, тем быстрее оно затухает во времени. С понижением температуры расплава продолжительность модифицирующего эффекта возрастает, а эффективность модифицирования, вследствие ухудшения усвоения модификаторов, падает. Эффект затухания связывают с растворением зародышей графита, что оказывает соответствующее влияние на ход кривых охлаждения, число эвтектических зерен, глубину отбела и механические свойства чугуна.

В настоящее время комплексные графитизирующие модификаторы содержат графит, FeSi или SiCa, в состав FeSi входит небольшое количество Al, Ba, Ca, Sr, Ti, Zr, иногда Ce, Bi.

С точки зрения формирования включений шаровидного графита, модифицирующие элементы рассматривают либо как поверхностно-активные, избирательно адсорбирующиеся на гранях кристаллитов графита или их действие связывают с удалением из расплава вредных примесных элементов и газов, прежде всего, серы и кислорода, которые находятся на поверхности частиц графита. Кроме того, значительную роль в формировании включений шаровидного графита играет переохлаждение.

Одним из основных факторов эффективности модификатора является обеспечение им высокой степени сфероидизации графитовых включений (ССГ) в высокопрочном чугуне отливок, особенно при длительной разливке и низкой скорости затвердевания чугуна в отливках. При изотермической выдержке модифицированного чугуна ССГ уменьшается, интенсивность этого процесса зависит от состава модификатора.

Характерным для всех модификаторов является отсутствие пропорциональности между продолжительностью выдержки жидкого чугуна и величиной ССГ в отливках с течением времени выдержки модифицированного чугуна изменение формы графита вначале незначительное, затем увеличивается. За первые 10 мин выдержки значение ССГ уменьшается для всех модификаторов на 5–15 %, за последующие 10 мин – на 15–40 % по сравнению с первоначальным.

Продолжительность сфероидизирующего эффекта зависит от остаточного содержания магния в расплаве и при обычном его содержании 0,07–0,05 % не превышает 10–15 мин, после чего эффект ослабевает. Скорость снижения остаточного магния в расплаве при 1450 °С в первые 15 мин составляет 0,003 % в минуту.

Поздний ввод микродобавок РЗМ, имеющих высокую адсорбционную активность, способствует очищению границ зёрен и для массивных отливок из ЧШГ его следует считать необходимым, так как при отсутствии РЗМ в расплаве чугуна интенсивность угара магния всегда возрастает.

При изготовлении массивных отливок из чугуна с шаровидной формой графита (время затвердевания > 0,5–1 ч) остаточное, после модифицирования, содержание сфероидизирующих элементов, имеет преобладающее значение.

Для сохранения эффекта обработки сфероидизирующими элементами, необходимо снизить содержание серы в чугуне, исключить возможность прохождения процесса ресульфурации, уменьшить площадь поверхности, контактирующей с воздухом, а также ограничивать количество шлака, образующегося в результате реакции окисления железа и кремния.

Для получения заготовок из высокопрочного чугуна, с точки зрения содержания кислорода, поднимать температуру расплава выше 1400–1420 °С не рекомендуется. Увеличение температуры расплава ведет к растворению зародышевой фазы, уменьшению степени графитизации, увеличению переохлаждения. С экономической точки зрения, высокий перегрев расплава также нецелесообразен, т.к. связан с большими затратами энергии и времени.

В производственных условиях основное внимание при изготовлении заготовок из высокопрочного чугуна уделяют процессу десульфурации расплава. Контроль за содержанием кислорода в расплаве не производится, так как чугун считают самораскисленным

расплавом, кроме того, содержание кислорода легко восстанавливается при переливе расплава из печи в форму.

Вследствие высокой поверхностной активности серы и кислорода концентрация их на поверхности раздела фаз выше, чем в объеме расплава. Эффективность процесса рафинирования во многом зависит от содержания и активности ионов кислорода и серы в расплаве и флюсе. При содержании кислорода в расплаве менее 0,005 %, интенсивность десульфурации резко возрастает. Высокая степень рафинирования расплава чугуна, возможна в случае последовательного введения элементов или их соединений, имеющих высокое сродство к кислороду и сере, при достаточно высокой температуре и основности флюса.

Отрицательное влияние на сфероидизацию графита оказывает «наследственность» чушковых чугунов, связанная с остаточным содержанием примесных элементов цветных металлов. При наличии в расплаве демодифицирующих элементов (Bi, Pb, Sb, Sn, As, Ti) сфероидизирующее действие магния понижается или полностью исчезает.

Таким образом, совершенствование технологических процессов обработки жидкого чугуна модифицирующими присадками с целью получения требуемого качества высокопрочного чугуна в отливках различной массы и назначения, сокращения расхода присадок и стабилизации получаемых результатов, является в настоящее время весьма актуальной задачей.

УДК 621.531

Кинематический анализ плоского шарнирно–рычажного механизма с использованием SOLIDWORKS

Студент гр. 10404115 Радионов М.В.

Научный руководитель: Одиночко В.Ф.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Кинематический анализ начинается с построения кинематической схемы механизма в программе SOLIDWORKS. При этом план механизма строится по исходным данным (рисунок 1 и таблица 1) в масштабе, например, равным 1:4 с использованием блоков (рисунок 2). При этом построение плана механизма целесообразно начинать в таком положении входного звена (кривошипа), которое соответствует крайнему положению выходного звена (ползуна) так, как в этом положении его скорость равна нулю.

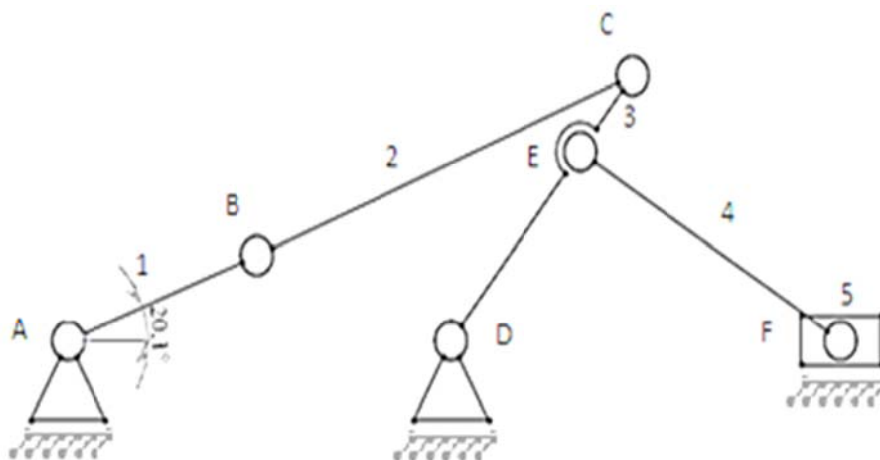


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма

Таблица 1 – Исходные данные

$l_{AB}, \text{м}$	$l_{BC}, \text{м}$	$l_{CD}, \text{м}$	$l_{DE}, \text{м}$	$l_{EF}, \text{м}$	$l_{AD}, \text{м}$	$P, \text{Н}$
0,1	0,2	0,14	0,1	0,15	0,19	250

При построении плана механизма можно учесть массы звеньев и положения центров их тяжести (рисунок 2), а также с помощью функции «Сила» нужно приложить полезную нагрузку P (рисунок 3).

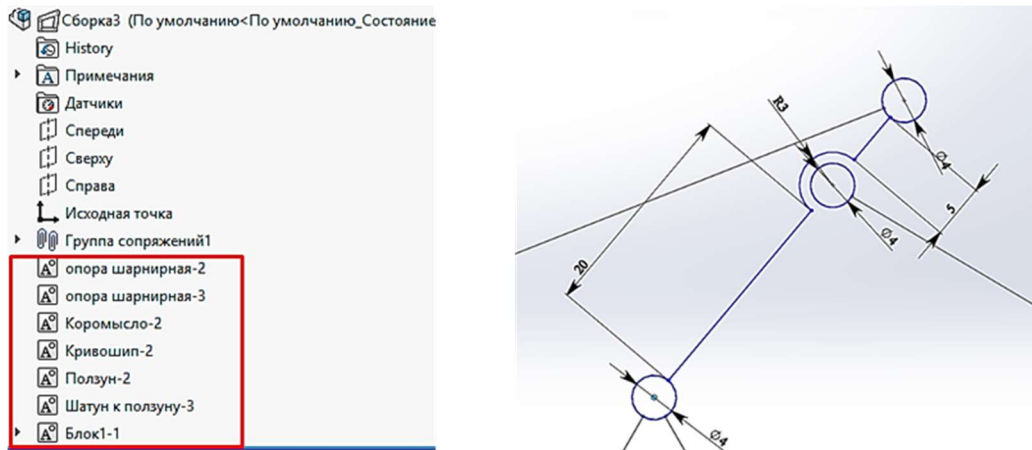


Рисунок 2 – Построение блоков

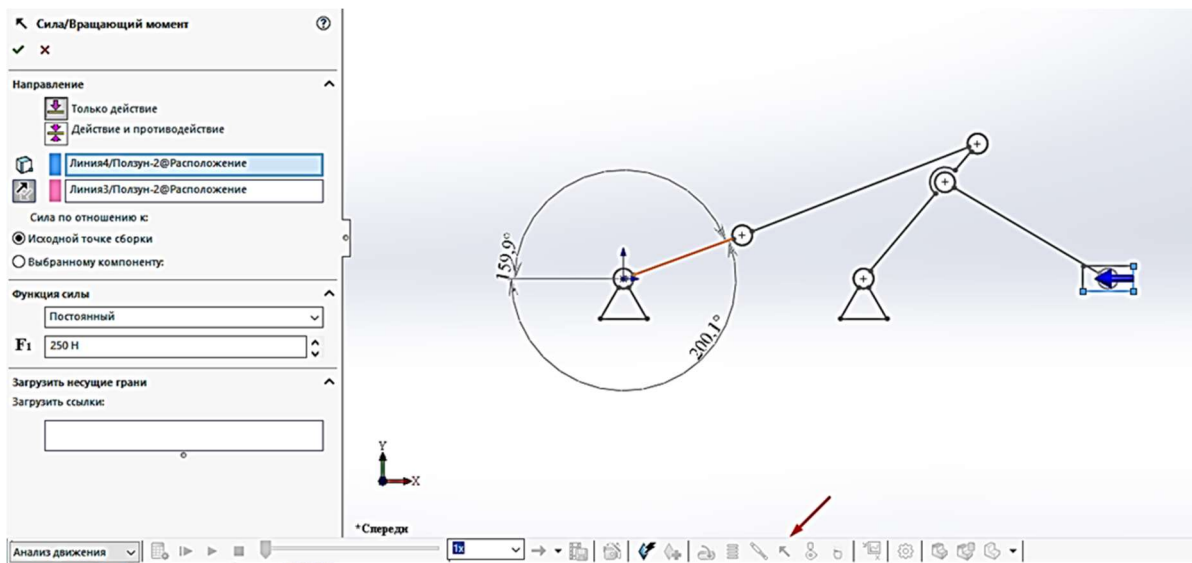


Рисунок 3 – Добавление полезной нагрузки

Затем подключается функция SOLIDWORKS Motion. Для создания анимации механизма в открывшемся окне диалога *Анализ движения* задаются исходные данные: число оборотов кривошипа, например $n = 140 \text{ м/с}$ (n) и полезная нагрузка, а также притяжение (ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}$).

В процессе моделирования движения механизма с помощью функции SOLIDWORKS Motion строятся графики скоростей (рисунок 4, а) и ускорений (рисунок 4, б) выходного звена (ползуна) в зависимости от угла поворота начального звена.

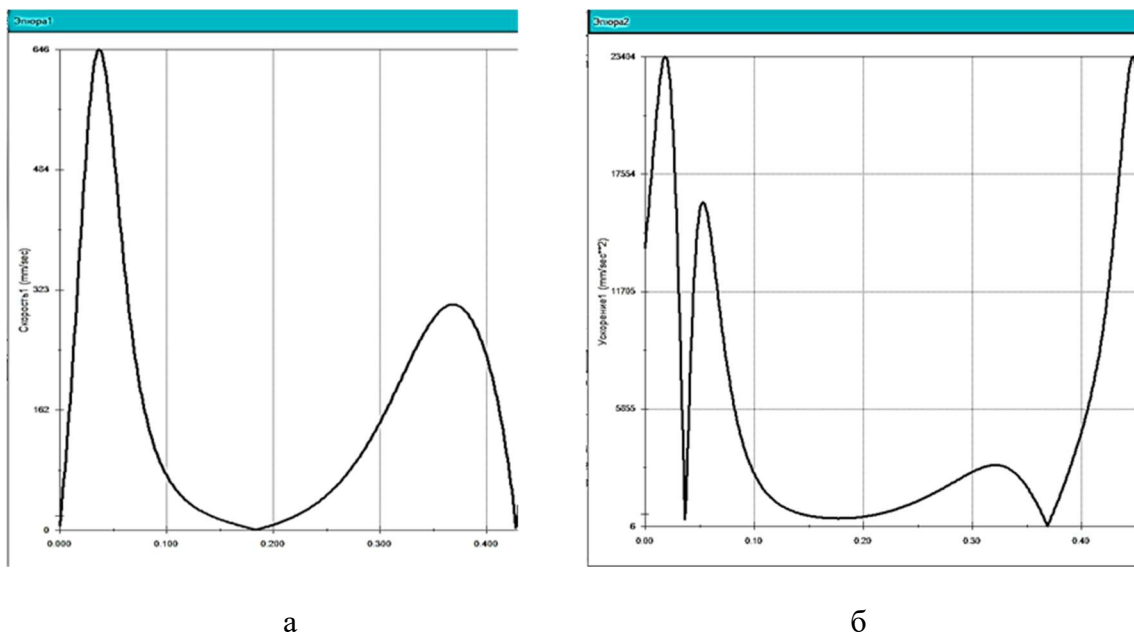


Рисунок 4 – График изменения скорости (а) движения ползуна во времени (б)

Результаты кинематического анализа механизма (рисунок 1) полученных двумя разными методами (SOLIDWORKS Motion и графоаналитическим) в установившемся режиме при одном и том же положении входного звена полностью совпадают.

Список использованных источников

1. Одинокко, В.Ф. Использование программы КОМПАС–3D для построения планов рычажного механизма. Учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства». Учебное электронное издание. Регистрационный номер БНТУ/МТФ 32–46.2015, 26 с.

УДК 621.745.551

Использование отходов производства в качестве модифицирующих добавок для железоуглеродистых сплавов

Соискатель Куликов С.А.,
студент гр. 10404113 Михайлов И.,
Научный руководитель: Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время утилизация дисперсных отходов представляет собой определенную проблему. На производстве подобные отходы часто называют «пылью» или «мукой». Примерами таких отходов могут служить металл-абразивный шлам, скапливающийся на площадях механических цехов, мелкодисперсный отсев дробы дробеметных камер обрубных участков.

Основным препятствием для переработки указанных материалов в собственном производстве является недоверие производственного персонала к модификаторам подобного рода. Действительно, применение высокодисперсных порошков для модифицирования высокотемпературных расплавов сопряжено с многочисленными ограничениями, в т.ч. по охране труда [1]. Модифицирование расплава чугуна или стали, к примеру, железным ока-

тышем с размером гранулы 10–15 мм не вызывает каких либо трудностей. Но применение металлического порошка с размером частицы 100–200 нм уже пожароопасно, т.к. порошок железа интенсивно окисляется. Введение в расплав ультрадисперсных порошков сопровождается выбросом частиц в атмосферу участка, что обуславливает повышенное внимание к вентиляции [2]. Зачастую, введение ультрадисперсных частиц сопровождается шлакообразованием, что так же не вызывает оптимизма у производственников.

Вышеуказанные недостатки действительно имеют место быть. Однако, применение дисперсных систем обладает рядом преимуществ: это возможность переработки собственных отходов совмещенная с повышением механических свойств выпускаемого литья. Так же, применение данных материалов позволяет значительно снизить количество вводимых модификаторов. Очевидно, что указанные преимущества позволяют снизить себестоимость продукции, что в условиях рынка является первостепенной задачей любого инженера.

Как было показано [3], применение УДМ возможно прямым вводом в расплав чугуна. Основной задачей при этом является изыскание оптимального способа и количества материала.

Таким образом, ультрадисперсные модификаторы, как и любой вид модификатора, обладают определенным набором недостатков. В тоже время УДМ обладают специфическими свойствами, позволяющими повысить качество выпускаемой продукции при уменьшении ее стоимости.

Список использованных источников

1. Кипарисов, С.С. Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либесон. – М: Металлургия, 1971. – 528 с.
2. Федорченко, И.М. Основы порошковой металлургии / И.М. Федорченко, Р.А. Андриевский. – АН УССР, Киев, 1963. – 420 с.
3. Рудницкий, Ф.И. Модифицирование чугунов ультрадисперсными добавками / Ф.И. Рудницкий, С.А. Куликов // Литейное производство, 2017. – № 1(86). – С. 11–15.

УДК 621.745.551

Явления самоорганизации частиц в ультрадисперсных системах

Соискатель Куликов С.А.,
студент гр. 10404114 Скворцов А.А.
Научный руководитель: Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Ультрадисперсные системы вызывают определенный интерес ученых. Это связано с тем, что с уменьшением размера частиц материал изменяет свои свойства или даже приобретает новые. В катализе это называют размерным эффектом [1]. Этот эффект может быть положительным, отрицательным и нулевым.

Как показано в работе [2] применение ультрадисперсных модификаторов для модифицирования расплава чугуна возможно, однако для материалов подобного рода необходимо уточнять способ ввода и количество материала. Так как в определенных количествах модифицирование оказывается нецелесообразным. По-видимому, это связано с размерным эффектом ультрадисперсных частиц под действием высокой температуры расплава. Так же было высказано мнение о целесообразности применения различных воздействий на ультрадисперсные модификаторы (УДМ) для формирования необходимой структуры конечного изделия.

В этом ключе УДМ являются уникальным материалом. В литературе широко описываются такие свойства дисперсных порошков как «слеживание», т.е. утрата активности вследствие длительного хранения [3]. Так же отмечено, что с ростом температуры, свойства дисперсных систем изменяются: возрастает удельная поверхность порошков, их активность так же увеличивается. Отмечено, что даже при комнатной температуре у высокоактивных порошков наблюдаются подобные явления.

Безусловно, самым эффективным примером самоорганизации дисперсных систем служит опыт по изменению вязкости бимодальных суспензий [4]. Он выражается в том, что если приготовить монофракционную суспензию с фракцией 125–250 мкм и параллельно ей вторую с фракцией менее 63 мкм, то вязкости таких систем будут очень высоки, приближаясь к пастообразному состоянию. Но если приготовить бимодальную суспензию (т.е. взять смесь из двух фракций, причем общее количество порошков остается неизменным – 63,5 %масс), то вязкость такой системы примерно в 20 раз меньше моносуспензий. Т.е. частицы самоорганизуются, придавая системе (суспензии) свойство свободного течения.

Высокая температура расплава накладывает ограничения на свободный ввод ультрадисперсных частиц в расплав. Однако она может служить каталитическим фактором для интенсификации процессов самоорганизации. Подобное описано в исследованиях свойств покрытий из ультрадисперсных порошков при различных температурах отжига [5] и носит название зонального обособления, т.е. при разных температурах отжига частицы образуют различные конгломераты. Очевидно, что ультрадисперсные системы с повышением температуры увеличивают свою удельную поверхность и, как следствие, свободную энергию. Формирование конгломератов есть естественный процесс приведения системы в устойчивое состояние. Авторы объясняют это наличием сил сцепления между частицами, которое выражается формулой:

$$Fr = 2\pi x\alpha / 7\theta,$$

где x – радиус хорды контактного перешейка,
 α – коэффициент поверхностного натяжения,
 θ – угол между поверхностями соприкасающихся частиц.

Формула показывает, что с уменьшением размера частиц будут увеличиваться размеры конгломератов. Т.е. размерный фактор – один из инструментов регулирования процессов самоорганизации. Как указано выше, создание бимодальных смесей так же позволяет изменять процесс самоорганизации, что дает еще один инструмент для решения этой непростой задачи.

Учитывая подобное, уточнение механизма явлений самоорганизации ультрадисперсных систем позволит создавать на их основе комплексы, которые откроют широчайшие возможности для модифицирования расплавов.

Список использованных источников

1. Каталитические свойства наночастиц / В.П. Исаков [и др.] // Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы. VII Ставеровские чтения: труды науч.-техн. конф. с международным участием, Красноярск / под ред. А.И. Лямкина и В.Е. Редькина. – Красноярск: БИК СФУ, 2015. – С. 57–60.
2. Рудницкий, Ф.И. Модифицирование чугунов ультрадисперсными добавками / Ф.И. Рудницкий, С.А. Куликов // Литейное производство. – 2017. – № 1(86). – С. 11–15
3. Айзенкольб, Ф. Успехи порошковой металлургии / Ф. Айзенкольб; пер. с нем. – М: Металлургия, 1969. – 540 с.

4. Ходаков, Г.С. Реология суспензий / Г.С. Ходаков // Российский химический журнал, т. XLVII. – 2003. – № 2. – С. 33–44.

5. Малые металлические частицы: способы получения, атомная и электронная структура, магнитные свойства и практическое использование / К.В. Чуистов [и др.] // Успехи физ. мет. – 2003, т. 4. – С. 235–269.

УДК 621.74

Возможности фрактальной параметризации при исследовании материалов с гетерогенной структурой

Студенты гр. 10404113 Каменец М.В., Павлович В.С.
Научный руководитель: Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В промышленном производстве широкое распространение находят материалы с гетерогенной структурой. Непосредственным примером таких структур являются твердые сплавы и литые быстрорежущие стали различного химического состава. Традиционно понятие эксплуатационной стойкости инструмента из этих сплавов связывают с исходной структурой и механическими свойствами материалов (твердость, теплостойкость, износостойкость, ударная вязкость). Но в то же время, остается недостаточно изученной взаимосвязь между параметрами микроструктуры, зерновым составом, микростроением межфазных границ в материалах с гетерогенной структурой и их работоспособностью в условиях нагружения во время эксплуатации. Теория фракталов переводит на более высокий статистический уровень представление о структуре, что дает возможность количественно оценить параметры, которые определяют свойства материалов. Структура композитов, какими являются по сути литые быстрорежущие стали, непосредственно влияет на работоспособность режущего инструмента. Проведенные на кафедре «Машины и технология литейного производства» БНТУ исследования подтвердили наличие тесной корреляционной связи между изменением мультифрактальных характеристик структуры литой стали и изменением ее механических свойств, которые в значительной степени определяются ледебуритной составляющей и матрицей, морфологией эвтектики, размерами эвтектических колоний и характером распределения в объеме материала, размером первичных и аустенитных зерен, наличием крупных первичных карбидов и однородностью их распределения.

Традиционные металлографические методы не позволяют комплексно оценить структуру литых быстрорежущих сталей количественными характеристиками. Для получения такой оценки целесообразно использовать статистические методы исследований, например, использовать фрактальную параметризацию структуры материалов. Цель проводимой работы установление основных структурных составляющих, определяющих физико-механические и эксплуатационные свойства инструментальных материалов.

При успешном решении поставленной задачи появляется реальная возможность управлять формированием структуры путем регулирования соответствующих условий кристаллизации инструментальной заготовки и достижения оптимальной структуры, обеспечивающей максимальную стойкость инструмента.

Структура литой стали формируется на начальном этапе в зависимости от скорости охлаждения и соответственно определяется материалом формы (металлический кокиль; водоохлаждаемый кристаллизатор при электрошлаковом переплаве; песчано-глинистые формы, формы из химически-твердеющих смесей, керамические формы и др. при литье в разовые формы). Важное значение имеет также масса отливки. И, наконец, модифицирование расплава также оказывает на размер, характер распределения структурных составляющих.

Правильный выбор технологических параметров (условия охлаждения, модифицирование, режимы термической обработки) формирования структуры литых заготовок позволяет обеспечить максимальную эксплуатационную стойкость металлообрабатывающего инструмента и технологической оснастки.

УДК 621.74

Антифрикционные сплавы на основе цинка

Студенты гр. 10404113 Шишпор К.Д., Наркевич К.А.
 Научный руководитель: Рудницкий Ф.И.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Сплавы на цинковой основе в качестве антифрикционных получили меньшее распространение, чем медные, но в ряде случаев они с успехом заменяют бронзы при ответственных условиях работы деталей. Большой положительный опыт их использования накопился в подвижном составе железнодорожного транспорта. Невысокая температура плавления и повышенная размягчаемость в связи с этим облегчает их прирабатываемость.

Среди цинковых сплавов удовлетворительными свойствами обладают сплавы, содержащие алюминий, медь и добавки магния. В связи с этим тройные цинкоалюминиевомедные сплавы наиболее обстоятельно исследованы.

Тройные цинковые сплавы – эвтектического типа. Тройная эвтектика содержит около 4 % Cu и 7 % Al и состоит из смеси $\eta + \beta + \epsilon$ -фаз. При эвтектической температуре (378 °С) твердые растворы содержат, %:

η -фаза.....95,8 Zn, 1,3 Al, 2,9 Cu,
 β -фаза.....78,7 Zn, 19,5 Al, 1,8 Cu,
 ϵ -фаза.....83,4 Zn, 1,4 Al, 15,2 Cu.

При снижении температуры растворимость алюминия и меди в цинке уменьшается. При 20 °С в цинке растворяется всего 0,2 % алюминия и 0,6 % меди.

Из большого количества цинковых сплавов, содержащих алюминий и медь, распространение нашли два сплава: ЦАМ 9–1,5 и ЦАМ 10–5. Химический состав этих сплавов по ГОСТ 21437 приведен в таблице.

Таблица – Химический состав (массовая доля, %) сплавов на цинковой основе по ГОСТ 21437

Сплав	Al	Cu	Mg
ЦАМ 9–1,5	9–11	1–2	0,03–0,06
ЦАМ 10–5	9–12	4–5,5	0,03–0,06

Цинковые сплавы существенно изменяют механические свойства после обработки давлением. После прокатки или прессования, особенно в интервале температур 205–300 °С, увеличиваются прочность, пластичность и ударная вязкость сплава ЦАМ 9–1,5. Аналогично ведут себя и другие цинковые сплавы. Особенно возрастают значения ударной вязкости и относительного сужения при нагреве до 300 °С. Для цинковых сплавов не проявляются анизотропия свойств вдоль и поперек прокатки. Благоприятно сказывается отжиг, хотя и снижающий пределы текучести и прочности, но существенно повышающий пластичность.

Для оценки способности прирабатываться имеет значение степень размягчаемости при нагреве. Потеря твердости цинкового сплава при повышенной температуре по

сравнению с бронзой облегчает приработку трибосистем, которая протекает, как правило, при местном или объемном нагреве антифрикционного сплава.

В отличие от бронз цинковые сплавы обладают высокими технологическими свойствами при производстве монометаллических изделий. Низкая температура плавления и высокая жидкотекучесть обеспечивают простоту отливок сложной формы. В биметаллическом исполнении детали сравнительно просто изготавливают соединением с помощью слоя жидкого цинка, наносимого на сталь методом горячего оцинкования.

Служебные характеристики трущихся деталей, изготовленных из цинкового сплава ЦАМ 9–1,5 как в биметаллическом, так и монометаллическом исполнении высокие. По долговечности, наработке на отказ, износостойкости, ремонтпригодности и другим показателям они выше, чем при использовании традиционных бронзовых деталей.

УДК 621.74

Проектирование кокиля

Студент гр. 10404114 Скворцов А.А.

Научный руководитель: Скворцов В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Кокильное литье, или литье в постоянные формы, – это литье металла, осуществляемое свободной заливкой. Кокиль – металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

Как в свое время писал профессор Н. Н. Рубцов, «мысль заменить разовую форму более стойкой полупостоянной, а еще лучше постоянной, без сомнения, была неотвратимой мечтой древних литейщиков». И неудивительно, что уже в давние времена литейщики использовали каменные формы, а в отдельных случаях простые металлические для повторяющихся (серийных) изделий.

Кокиль представляет собой форму многоразового использования. Поскольку металлические материалы значительно отличаются по своим свойствам от неметаллических формовочных материалов (большей теплопроводностью, прочностью, практически нулевыми газопроницаемостью и газотворностью и др.), то в кокиле создаются особые условия формирования отливок.

Важным элементом кокиля является защитное покрытие его рабочей поверхности, которое уменьшает интенсивность теплообмена между отливкой и формой, снижает термические напряжения в стенке формы, предохраняет ее от эрозионного разрушения. Покрытие создает в форме определенную газовую атмосферу, обеспечивает в некоторых случаях поверхностное модифицирование и легирование отливки, изменяет газопроницаемость вентиляционных устройств, а также воздействует на силу трения между отливкой и кокилем.

В процессе термического и механического взаимодействия между отливкой и кокилем нередко возникает большой или меньший газовый зазор. Его влияние в термическом отношении аналогично влиянию защитного покрытия.

Как и любая литейная форма, кокиль – ответственная и точная оснастка. Технические требования к кокилям закреплены в ГОСТ 16234–70 – 16262–70. Конструктивное исполнение основных элементов кокилей – полуформ, плит, металлических стержней, вставок, выталкивателей, приспособлений для скрепления отдельных частей кокиля, а также приспособлений для удаления стержней – зависит от конфигурации отливки и от особенностей конструкции кокиля. К основным элементам конструкции кокилей можно отнести: формообразующие элементы – половины кокилей, нижние плиты (поддоны),

вставки, стержни, плиты толкателей, системы нагрева и охлаждения кокиля и отдельных его частей, вентиляционная система, центрирующие штыри и втулки, а также конструктивные – различные приспособления необходимые для надежной работы кокилей.

Для проектирования кокилей необходимо выбрать конструкцию, которая зависит от степени его механизации.

Различают несколько типов кокилей, предназначенных для универсальных кокильных машин (рисунок 1).

Наиболее простой кокиль состоит из двух половинок, одна из которых подвижная. Кокиль может иметь вертикальную (рисунок 1, а) или горизонтальную (рисунок 1, б) плоскость разъема. При вертикальной плоскости элементы литниковой системы, расположенные в разъеме формы, не препятствуют свободному извлечению отливки из кокиля. При горизонтальной плоскости разъема часто приходится вводить специальный стержень (рисунок 1, б) для оформления стояка и чаши, чтобы извлечь отливку.

Отливку из кокиля в обоих случаях извлекают с помощью подвижной плиты толкателей, расположенной в подвижной или неподвижной части кокиля.

Следующий тип кокиля (рисунок 1, в) состоит из двух подвижных половинок с вертикальной плоскостью разъема. Плиты толкателей в этом случае могут находиться в одной или в обеих половинках кокиля.

Далее последовательно рассмотрим варианты конструкций кокиля в которых по мере их усложнения увеличивается число металлических частей, в том числе подвижных. Например, кокиля типов, приведенных на рисунке 1, г, д состоят из двух подвижных частей 2 с вертикальной плоскостью разъема и поддоном 4. В поддон можно устанавливать песчаный 1 или металлический стержень. В последнем случае в поддоне размещают механизм удаления стержня.

Конструкция кокиля на рисунке 1, е дополнительно имеет подвижную часть верхнего металлического стержня 6. В наиболее сложном варианте, показанном на рисунке 1, ж, по сравнению с предыдущим типом добавлена еще одна торцевая подвижная часть 2 кокиля.

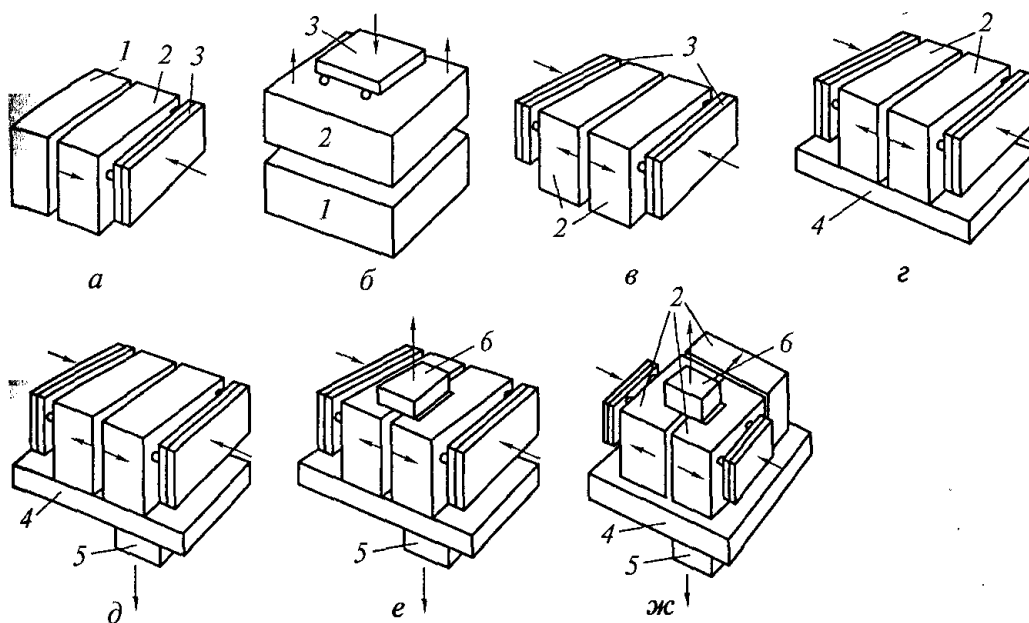


Рисунок 1 – Типы кокилей для универсальных кокильных машин:
 1 – неподвижная часть кокиля; 2 – подвижная часть кокиля; 3 – плита толкателей;
 4 – поддон; 5 и 6 – соответственно нижний и верхний металлические стержни;
 стрелки – направление движения деталей кокиля

Для кокилей с большим числом элементов и более сложным их движением, а также для крупных кокилей проектируют специальные кокильные машины. В сложных кокилях могут использоваться дополнительные механизмы для извлечения стержней.

По числу рабочих полостей (гнезд), определяющих возможность одновременного изготовления того или иного числа отливок, кокиля подразделяются на одноместные и многоместные.

Размеры и конструкция частей кокиля должны позволять размещать и закреплять его на стационарных установках или на плитах кокильных машин.

В зависимости от способа охлаждения различают кокиля с воздушным (естественным или принудительным), жидкостным (водяным, масляным) и комбинированным (водовоздушным т.п.) охлаждением. Если воздушное охлаждение используют для малотеплонагруженных кокилей, то водяное охлаждение обычно применяют для высокотеплонагруженных кокилей, а также для повышения скорости охлаждения отливки или ее отдельных частей.

УДК 621.74

Расчет толщины стенки кокиля

Студент гр. 10404114 Скворцов А.А.

Научный руководитель: Скворцов В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Выбор толщины и материала рабочей стенки кокиля является одним из наиболее ответственных этапов его проектирования, так как эти параметры конструкции определяют долговечность формы, т.е. ее стойкость против трещин и коробления, а также трудоемкость изготовления. По А.И. Вейнику толщина стенки кокиля рассчитывается с учетом толщины слоя краски (покрытия) по формуле

$$X_3 = \frac{k}{2} A \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8}{A} \frac{\lambda_3}{\alpha_1}} \right) \quad (1)$$

где k – поправочный коэффициент;

$$A = \frac{3Q_1}{c_3 \rho_3 (T_{затв} - T_{3н})};$$

$$\alpha_1 = \lambda_2 / X_2;$$

$$Q_1 = \rho_1 X_1 [c_1' (T_{зал} - T_{затв}) + r_1],$$

где X_1 – половина толщины стенки плоской отливки; c – удельная теплоемкость (индекс 1 относится к отливке, 2 – к покрытию; 3 – к рабочей стенке; штрих сверху к жидкому состоянию); r – теплота превращений; $T_{зал}$ и $T_{затв}$ – температура соответственно заливки и затвердевания; X_2 – толщина слоя краски (покрытия).

При выводе формулы (1) принято, что толщина X_3 стенки кокиля равняется глубине прогрева кокиля к моменту окончания затвердевания отливки. При большем значении X_3 термические условия не изменяются.

Поправочный коэффициент k выбирают по конструктивным соображениям. В первом приближении можно принять, что $k = 1$.

По методу А.М. Петриченко сопротивление теплопроводности слоем краски не учитывается и толщина стенки кокиля рассчитывается по формуле:

$$X_3 = \frac{3B}{2K_p} X_1 \left(K_B + \frac{1 + K_B}{T_{зал} - T_{3н}} \right), \quad (2)$$

где B – коэффициент, учитывающий склонность кокиля к короблению, а его материала к – окислению ($B = 1,25-2,0$); X_1 – половина толщины стенки отливки (или радиус цилиндрической и сферической стенок);

$$K_p = 2X_1/R_{пр}; \quad K_B = b_3/b_1,$$

где $R_{пр}$ – приведенная толщина стенки отливки; b_1 и b_3 – коэффициенты аккумуляции теплоты соответственно металла в момент заливки и начальная кокиля; r_1 и c_1 – удельная теплота затвердевания и удельная теплоемкость материала отливки.

Для чугунных деталей используют кокиль с толщиной стенки

$$X_3 = 11\sqrt{2X_1}.$$

Толщину X_3 рабочих стенок кокилей различных конструкций можно выбрать по графику (рисунок 1) ГОСТ 16237–70. Толщину стенок плоских кокилей выбирают в границах заштрихованной области, но ближе, как правило, к верхнему пределу; для отливок сложной конфигурации, имеющих близко расположенные выступы, – ближе к нижнему пределу. Для стенок отливок, оформляемых с одной стороны песчаным стержнем, X_3 определяется по удвоенной толщине стенки отливки.

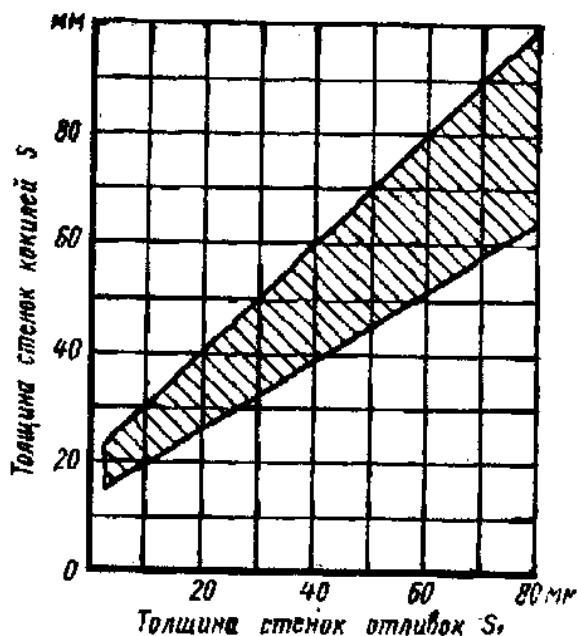


Рисунок 1 – График для выбора толщины стенки кокиля

Для кокилей со стальными рабочими стенками или стенками из высокопрочного чугуна толщину X_3 выбирают ближе к нижней границе заштрихованной области графика.

Толщина стенок кокиля должна обеспечивать конструктивную прочность, жесткость, а также необходимые условия охлаждения и затвердевания отливки.

**Машины
и технология
обработки
металлов
давлением**

**Получение композиционного антифрикционного материала
с последующим газопламенным напылением фторопласта**

Студент гр. 10402114 – Брушков П.А.

Научный руководитель – Белый А.Н.

Белорусский национальный технологический университет,
г. Минск

Антифрикционные материалы (от лат. *frictio* – трение) – материалы, работающих при трении скольжения и обладающих низким коэффициентом трения.

В настоящее время, для производства подшипников скольжения, наибольшее распространение получили металлические многослойные композиционные антифрикционные материалы. Сплавы или чистые металлы в них уложены слоями, каждый из которых имеет определенное назначение. Антифрикционные материалы, в основном, изготавливаются на основе меди, железа и их сплавов.

Для получения композиционного двухслойного (биметаллического) антифрикционного материала использовали пластины из листовой стали Ст3 толщиной 1–2 мм и сферический бронзовый порошок марки БрОФ 10-1, фракции 0,4–0,63 [1].

Для повышения прочности сцепления порошкового антифрикционного слоя со стальной основой предварительно проводили пластическую деформацию стальной пластины, для получения сетки с зубом наклоном 45°, глубиной 0,2–0,5 мм, что позволяло увеличить площадь контакта материалов композиции [1].

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 проводится прокатка на накатном стане Kalmag (диаметр бочки валков – 200 мм, скорость вращения – 3 об/мин, наибольшая давление металла на валки – 600 кН, мощность электропривода – 14 кВт) (Германия). Обжатие при прокатке со степенью 35–45 % позволяет получить пористость антифрикционного слоя 12–15 % [1].

Для улучшения триботехнических свойств спеченных материалов использовали фторопласт-4, который наносили на поверхность трения методом газопламенного напыления.

Фторопласт-4 представляет собой продукт полимеризации тетрафторэтилена. Технические требования к фторопласту-4 устанавливает стандарт ГОСТ 10007–80 «Фторопласт-4. Технические условия». Фторопласт-4, представляющий собой порошок белого цвета без видимых включений (таблица 1.).

Таблица 1 – Дополнительные показатели качества фторопласта-4 ГОСТ 10007-80

Наименование показателя	Норма
Температура плавления кристаллов, °С	327
Максимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	260
Минимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	Минус 269
Температура разложения, °С	Св. 415
Средний размер частиц порошка	0,1–0,2
Коэффициент трения по стали	0,04

Статический и кинетический коэффициенты трения стали по фторопласту-4 имеют начальное значение 0,04 [2]. Низкое значение коэффициента трения действительно только при малой скорости. Если скорость скольжения не превосходит 0,66 м/мин, то коэффициент трения не повышается неограниченно долго. Коэффициент трения фторопласта-4 зависит от нагрузки и существенно снижается при возрастании нагрузки на

подшипник. При газопламенном напылении материал используется в виде порошка. Для порошкового напыления легкоплавких покрытий применялся аппарат УПН-6-63. Из бункерного устройства порошок поступает через отверстие в горелку, распыляется потоком транспортирующего газа (смесь кислорода и горючего газа) и на выходе из сопла попадает в пламя, где нагревается. Увлекаемые струей горючего газа, частицы порошка с большой скоростью ударяются о напыляемую поверхность, деформируются и, мгновенно охлаждаясь, закрепляются на микронеровностях поверхности [3].

При нанесении покрытия основным фактором является тепловой режим процесса. Мощность пламени, подачу порошка, расстояние горелки от поверхности (обычно 120–200 мм) и скорость перемещение горелки следует подбирать так, чтобы наносимые на поверхность частицы порошка плавилась и, сливаясь вместе, образовывали сплошной слой покрытия. Если частицы на поверхности оплавилась не полностью, необходимо этот участок слегка подогреть пламенем горелки без подачи порошка для полного оплавления слоя [3].

Проведенные следования показали: прокатка двухслойного материала после спекания обеспечивает уплотнение порошкового антифрикционного слоя (пористость 12–15 %) и образование сплошного слоя, не отслаивающегося при изгибе (рисунок 1, а); в антифрикционном порошковом слое наблюдается сквозная по всей толщине пористость (рисунок 1, б); поры равномерно заполнены фторопластом (рисунок 1, б) [4].

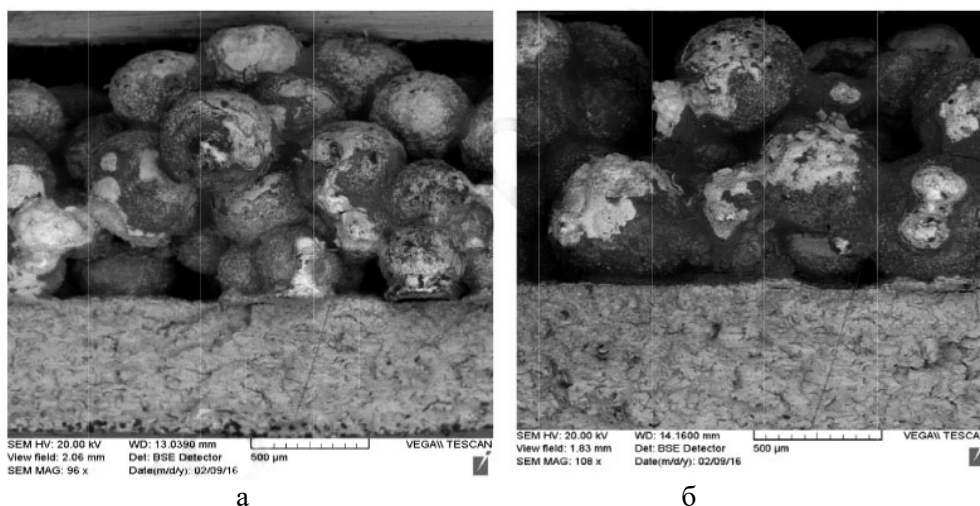


Рисунок 1 – Хрупкие изломы прокатанных образцов ($\times 100$):
а – сплошной слой; б – пористость в слое

Список используемых источников

1. Белявин, К.Е. Технология получения композиционного антифрикционного материала методом прокатки / К.Е. Белявин, А.Н. Белый // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы VIII Междунар. науч.–техн. конф. – Минск: ФТИ НАН Беларуси. – 2013. – С. 6–13
2. ГОСТ 10007–80 Фторопласт–4. Технические условия. Межгосударственный стандарт. Каталог ГОСТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/4731> – Дата актуализации описания: 01.01.2018
3. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин / Д.Н. Гаркунов. – М: МСХА, 2002. – 626 с.
4. Белый, А.Н. Получение композиционного антифрикционного материала с последующим газопламенным напылением фторопласта–4 / Р.А. Леонов, Е.В. Ясюкович, Н.С. Хведчук, М.С. Осадчий [Электронный ресурс] / Репозиторий Белорусского национального технического университета – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/27535>.

Технология изготовления метизных деталей кабин тракторов методом ПКП

Студент гр. 10402114 Милейко М. Н.
 Научный руководитель – Давидович Л.М.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Несущие каркасы кабин тракторной техники состоят из замкнутых профилированных конструкций с приваренными к ним петлями. В петлях устанавливаются метизные детали – оси, которые обеспечивают открывание дверей и окон тракторов. Конструкция осей предусматривает наличие в детали точно выполненного стержня по диаметру петли, с утолщением на одном из концов и стопорной канавки для фиксации и предотвращения съема двери. К утолщению оси предъявляются требования по дизайну, т. к. эта часть оси находится на внешней части кабины. Стопорная канавка оси должна обеспечивать надежное крепление двери без люфта, поэтому точность ее изготовления определяется сотыми долями миллиметра (рисунок 1).

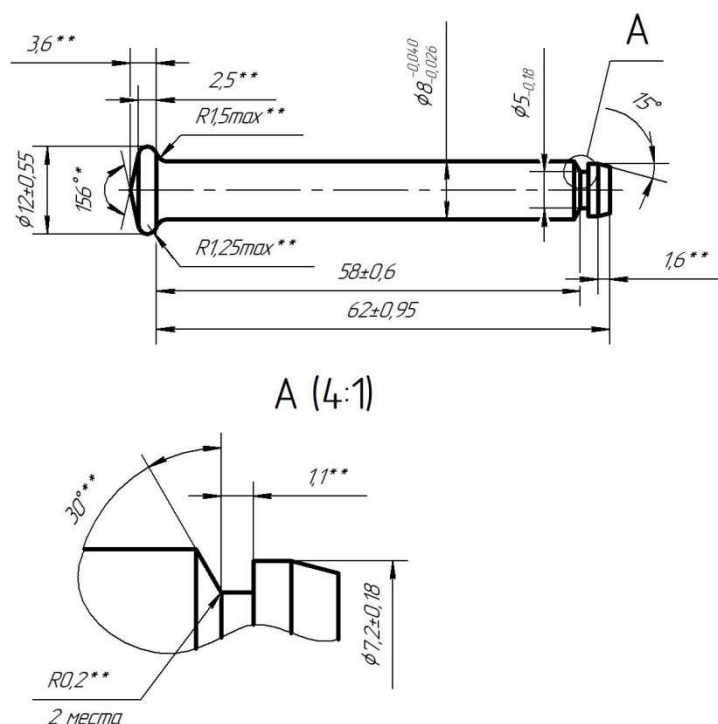
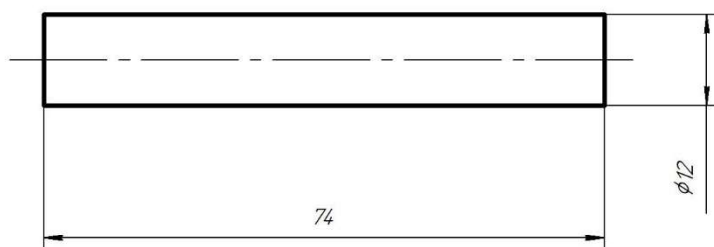


Рисунок 1 – Конструкция оси

Ранее технология изготовления оси предусматривала холодную высадку головки и точение на токарных станках с последующей зачисткой грата в месте обрезки детали на утолщении. Главным недостатком такой технологии является большая трудоемкость и высокая цена калиброванного прутка $\phi 8$ мм из стали 35, проблема с базированием при обработке и низкая стойкость режущего инструмента.

Классической конкурирующей технологией, обеспечивающей все необходимые конструктивные параметры детали, является процесс поперечно-клиновой прокатки (ПКП). Технологические переходы прокатки представлены на рисунке 2.

Заготовка



Прокатка

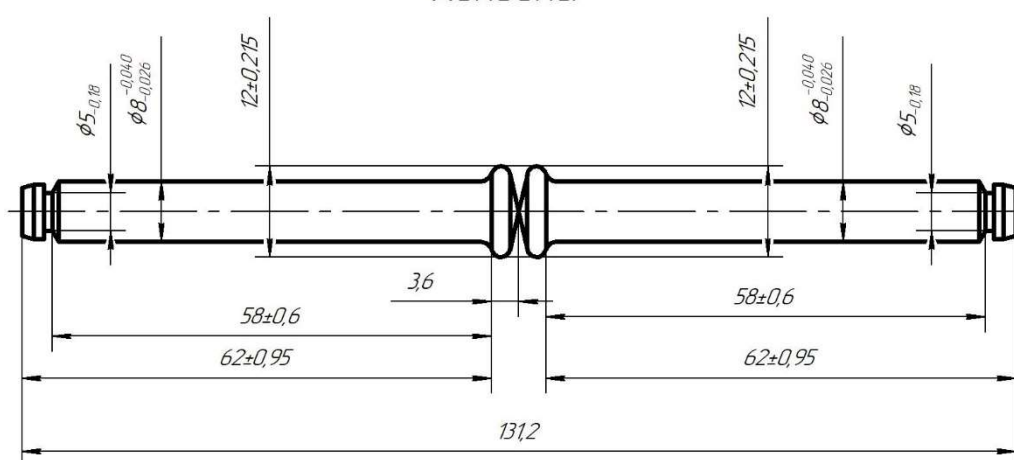


Рисунок 2 – Технологические переходы канавки

Первой операцией является рубка горячекатаного прутка $\phi 12$ мм на заготовки, объем которых равен объему двух готовых изделий. Далее производится индукционный нагрев заготовок до температуры 900–950 °С, который обеспечивает необходимую пластичность металла для формообразования всех конструктивных элементов без интенсивного образования окалины. Затем осуществляется процесс формообразования одновременно двух деталей методом ПКП.

Отрезные элементы инструмента поперечно-клиновой прокатки обеспечивают высокое качество торцовых поверхностей, а клиновые калибры дают необходимую точность линейных размеров деталей за счет многократной калибровки в процессе прокатки. Процесс формообразования происходит в полуавтоматическом режиме – оператор помещает заготовку в установку индукционного нагрева, и далее нагретая заготовка попадает в механизм подачи в прокатный стан, фиксируется на позиции и прокатывается.

Изготовленные по разработанной технологии ПКП оси в настоящее время применяются в кабинах тракторов РУП «МТЗ» всех модификаций.

Наложение сдвиговых деформаций при разделении прутков методом поперечно-винтовой прокатки

Студент гр.10402114 Кривулец П.М
Научный руководитель – Исаевич Л.А
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При разделении прутков клиновидными дисковыми ножами с целью существенного уменьшения величины технологических фасок предложено после предварительного пластического формообразования в прутке кольцевой канавки клиновидного профиля отделяемую часть последовательно смещать перпендикулярно оси прутка в процессе его вращения (рисунок 1), сохраняя параллельными оси исходной и отделяемой части. Схема очага деформации для такого процесса представлена на рисунке 1, где показано параллельное смещение одной части прутка относительно другой на величину Δr .

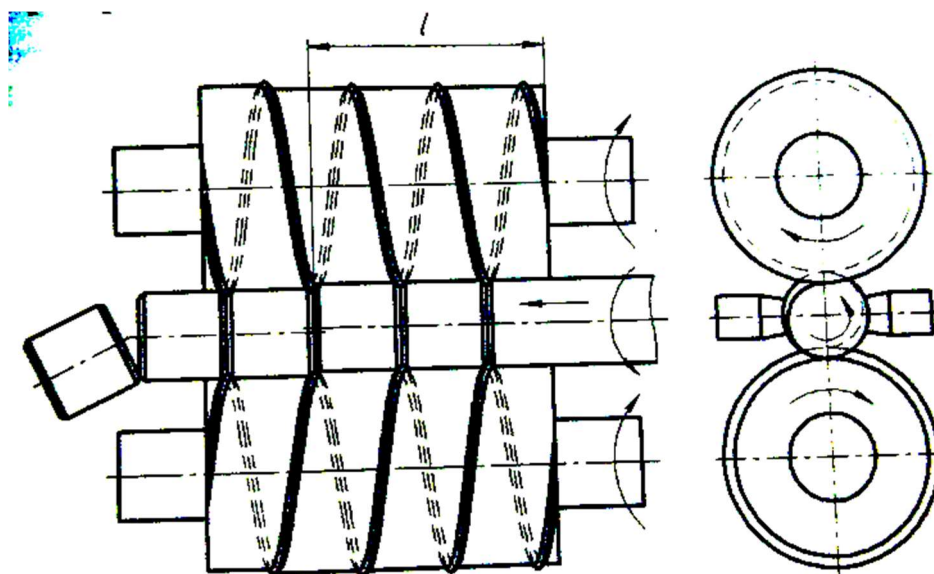


Рисунок 1 – Схема разделения прутка на заготовки винтовой прокаткой

Устройство для моделирования процесса разделения прутков с кольцевой канавкой при наличии сдвига в очаге деформации показано на рисунке 2.

Для экспериментальной проверки предложенного способа разделения прутков на мерные заготовки было разработано устройство, которое смонтировано на токарном станке.

Устройство содержит разделяемый пруток 1, который помещен в разрезную втулку 2 и зажат в патроне 3 токарного станка. Отделяемая часть 4 прутка охвачена жесткой втулкой шариковой головки 5, установленной в резцедержателе токарного станка. Предварительно в прутке с помощью резца на токарном станке наносят кольцевую канавку треугольного профиля различной глубины. Для экспериментальных исследований были использованы прутки диаметром 10 мм из стали 20 и алюминиевого сплава Д16.

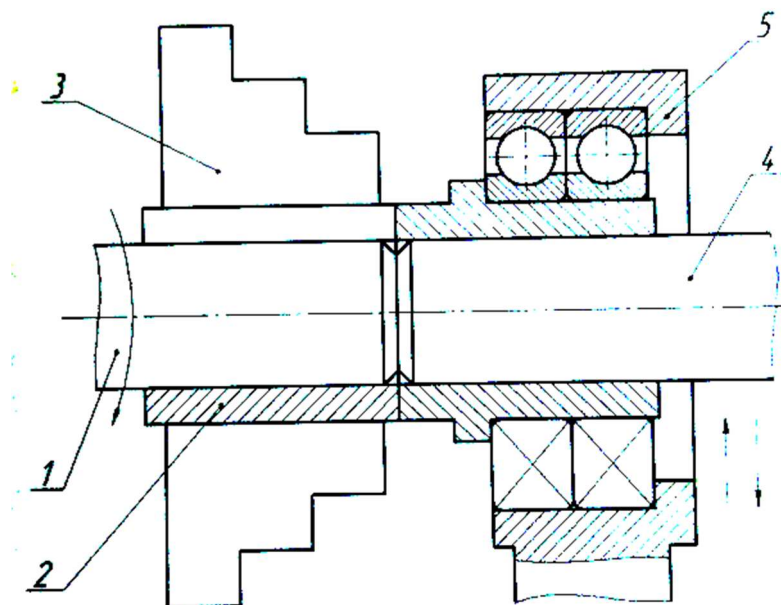


Рисунок 2 – Схема устройства для разделения прутка на мерные заготовки в токарном станке:

1 – пруток; 2 – разрезная втулка; 3 – патрон; 4 – отделяемая заготовка; 5 – шариковая головка

При разделении прутков клиновидными дисковыми ножами исключительно за счет их расклинивающего действия глубина кольцевой канавки для прутков диаметром 20 мм при эксцентриситете смещения ножа $\Delta = 5$ мм составляет 4,5 мм, а при $\Delta = 7,5$ мм она достигает 5,2 мм и не зависит от материала разделяемого прутка. Это существенно больше, чем в случае разделения сортамента с наличием сдвига в плоскости кольцевой канавки. При разделении прутка диаметром 20 мм из стали 40 и смещении его осей $\Delta r = 0,4$ мм, необходимая глубина кольцевой канавки составляет $r - r_k = 2,5$ мм, в то время как в отсутствие этого смещения глубина кольцевой канавки для эффективного разделения сортамента потребует не менее 4,5 мм.

УДК 621.777-35

Исследования кинематических и силовых параметров процесса изготовления трубчатых изделий малого диаметра из ленты

Студенты гр. 10402114 Войшнис В.В., Колос Д.С.
 Научный руководитель – Карпицкий В.С.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Трубчатые изделия малого диаметра (менее 1 мм) находят широкое применение в приборостроении в качестве дозаторов и дистанционных датчиков температуры, радиаторов охлаждения и др., в медицине в качестве наконечников шприцов и других отраслях промышленности. В то же время современные методы получения данных изделий, к основным из которых можно отнести: безоправочное волочение, волочение на закрепленной оправке, волочение на длинной подвижной оправке, волочение на плавающей (самоустанавливающейся) оправке, волочение на плавающей поддерживающей оправке, волочение с кручением, бухтовое волочение труб. Характеризуются значительными сложностями их изготовления к основным из которых можно отнести:

- большие силы контактного трения в очаге деформации, что ограничивает вытяжки за проход, по мере уменьшения диаметра трубчатого изделия растет обрывность процесса волочения;

- способы характеризуются длительностью и сложностью маршрута изготовления во многих случаях с применением промежуточной термообработки;

- длительность технологического маршрута изготовления предопределяет необходимость частого изготовления захваток на концевых участках труб с использованием специального оборудования, что ведет к значительному повышению материальных и энергетических затрат.

На кафедре «Машины и технология обработки металлов давлением» БНТУ предложен способ получения указанных изделий из ленты и разработаны основополагающие принципы его осуществления. Разработанная технологическая схема получения длинномерных трубчатых изделий малого диаметра из ленты, включающая гибку (свертку) плоской заготовки в трубку, редуцирование ее и калибровку, реализовано в предлагаемом комбинированном способе формообразования трубок из ленты путем одновременной свертки и волочения через одну или несколько валок (рисунок 1).

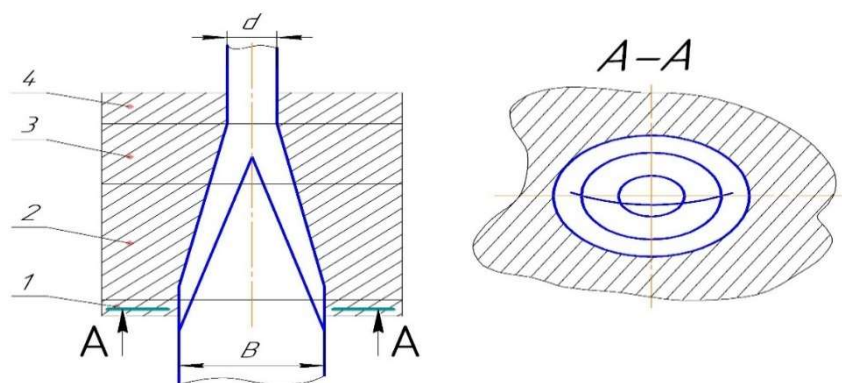


Рисунок 1 – Схема очага деформации при комбинированном способе формообразования трубок малого диаметра из ленты

1 – зона внеконтактной деформации; 2 – зона свертки; 3 – зона безоправочного волочения (редуцирование); 4 – зона калибровки

Свертка исходной ленты (заготовки) осуществляется на входном участке обжимающей части волоки, протяженность которой зависит от диаметра трубки и составляет не менее $2/3$ ее длины. После того, как трубка сформируется, происходит безоправочное редуцирование с определенной степенью деформации, обеспечивающей качественное стыковое соединение за счет пластической деформации. Качество стыкового соединения получаемых трубчатых изделий в значительной степени определяется точностью исходных полос (лент) по ширине.

Для проведения экспериментальных исследований процесса использовали универсальные твердосплавные волоки с конусными заходной и выходной частями и калибрующим пояском. С учетом рекомендаций по выбору более рациональных условий процесса волочения для осуществления данного способа применяют волочильный инструмент с углом волоки $\alpha = 10-25^\circ$ и шириной калибрующего пояса от 0,5–1,5 мм. Длина калибрующей зоны должна характеризоваться достаточной стойкостью на износ, малым числом обрыва протягиваемого металла и невысоким расходом энергии. Для осуществления способа использовали лабораторный цепной волочильный стан Р-5. В процессе эксперимента из стальной полосы марки Х18Н9Т шириной 3,9 мм были получены трубчатые изделия диаметром 1,15–2,0 мм с толщиной стенки 0,2 мм. Процесс свертки осуществлялся за три прохода со средней разовой степенью деформации 15 %. Тянущее усилие при этом составило 150 Н. На окончательном проходе волочения – 200–220 Н.

Компьютерное моделирование сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса в 3D-DEFORM

Студенты гр. 10402114 Фролов А.В., Крук Д.С.
Научный руководитель – Ленкевич С.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Моделирование процессов обработки металлов давлением в программе 3D-Deform позволяет определить все необходимые параметры: напряженно-деформированное состояние заготовки и инструмента в любой точке и в любой момент времени, а также энергетические параметры процесса, величины усилий и моментов, нормальных и касательных сил, контактные параметры процесса и многое другое, что необходимо при разработке оптимального технологического процесса и для глубокого анализа и понимания процессов, происходящих в заготовке при пластическом течении материала.

Целью моделирования являлось установление влияния геометрии исходной заготовки на напряженно-деформированное состояние в процессе сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса за два перехода.

В исходные данные вводились: материал заготовки – 18ХГТ; температура заготовки и инструмента в начале деформирования – 20°C; условия взаимодействия инструмента и заготовки, рекомендуемые программой (трение, теплопередача и др.). Для моделирования использовались 3D-модель матрицы, модель пуансона и модель заготовки построенная по чертежам для первого перехода штамповки и 3D-модель матрицы, модель пуансона и модель заготовки, перенесенная после моделирования первого перехода на модель для второго перехода (рисунок 1).

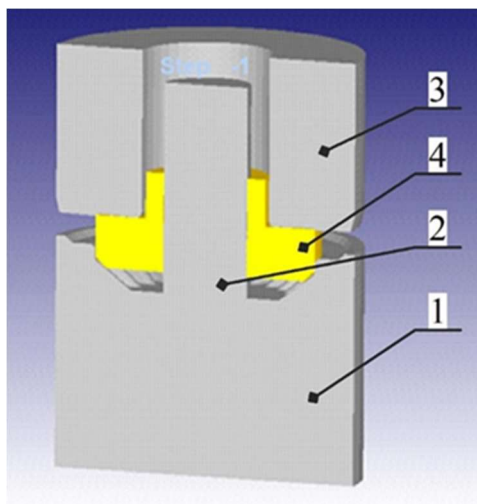


Рисунок 1 – 3D-модель инструмента и заготовки для штамповки конического зубчатого колеса:

1 – матрица; 2 – оправка матрицы; 3 – пуансон; 4 – заготовка

Различие в геометрии заготовок заключалось в том, что у второй заготовки на нижнем торце выполнялась кольцевая проточка (рисунок 2).

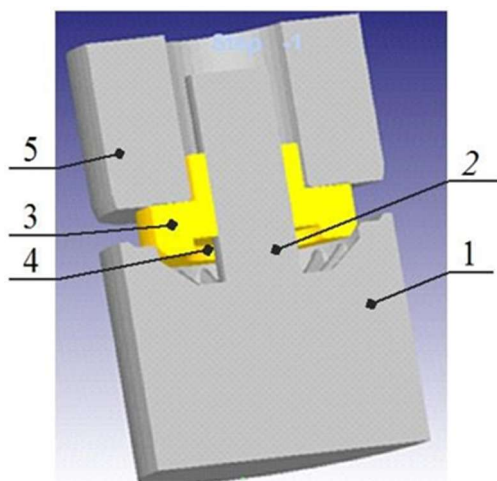


Рисунок 2 – 3D–модель инструмента и заготовки с кольцевой проточкой для штамповки конического зубчатого колеса:

1 – матрица; 2 – центрирующая оправка; 3 – исходная заготовка;
4 – кольцевая проточка; 5 – пуансон

Рассчитанные в результате моделирования величины распределяются, как правило, в узлах (перемещения, скорости перемещения) или элементах (компоненты тензоров деформации, скорости деформации и напряжения) конечно–элементной сетки. При отображении характеристик, распределенных по элементам, предварительно осуществляется их осреднение по узлам сетки. При этом внутри элемента каждая величина представляется линейной функцией.

Для отображения таких функций используют линии уровня и цветовые карты, в которых области, отвечающие разным диапазонам значений функции, закрашиваются разными цветами.

В результате компьютерного моделирования была получена картина напряженно–деформированного состояния заготовки конического зубчатого колеса в процессе сферодвижной штамповки в зависимости от ее начальной геометрии.

На рисунке 3 можно увидеть, как меняется картина напряженно–деформированного состояния и величина заусенца в конце деформирования на втором переходе.

Стадия калибровки второго перехода характеризуется тем, что концентрация максимальных напряжений формируется на наружном торце конического колеса. Следует отметить, что стадия калибровки сопровождается интенсивным наклепом на внешнем торце конического колеса. В результате чего резко падает пластичность металла и заполнение заусенечной канавки не происходит, и данная область не разгружается. Таким образом, максимальные напряжения воздействуют на основание зубьев матрицы, что может приводить к ее поломке.

На втором переходе у модели с проточкой не наблюдается значительного снижения напряжений на внешнем торце зубчатого колеса. Однако видно, что за счет наличия проточки материал имеет возможность течь от внешнего торца к внутреннему, снижая вероятность сильного наклепа заусенца. Таким образом опасное сечение на стадии калибровки постоянно разгружается за счет отвода объема наклепанного металла на внешнем торце на заполнение зубьев конического колеса. Этот же фактор способствует уменьшению образования заусенца.

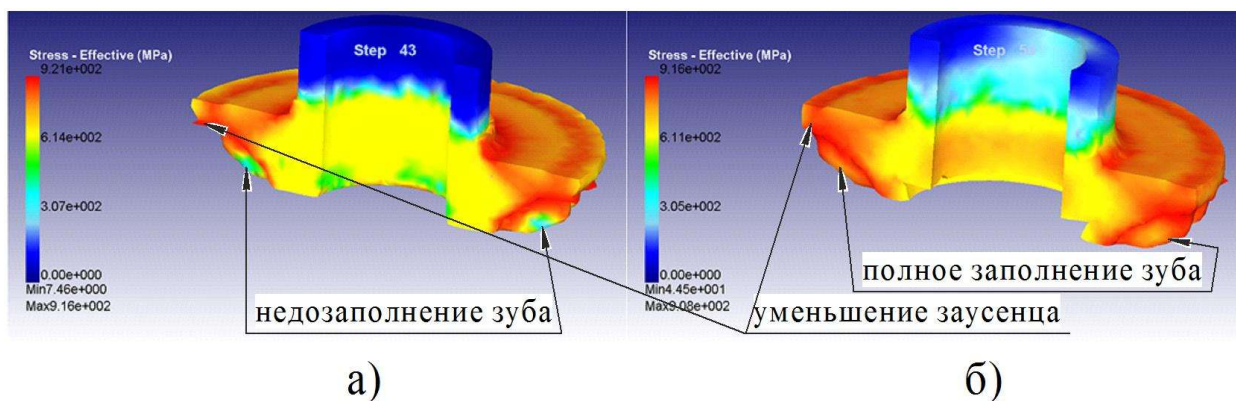


Рисунок 3 – Изменение напряженно-деформированного состояния на втором переходе:
а – модель без проточки; б – модель с проточкой

В результате проведенной работы исследован и описан алгоритм моделирования в программном комплексе 3D-Deform. Проведен ряд вычислительных экспериментов на созданных 3D-моделях для двухпереходной сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса и исследованы особенности деформирования сферодвижной штамповкой заготовок геометрической формы пригодной для производства конических зубчатых колес.

Сравнительный анализ моделей без проточки и с проточкой показал, что в плане оптимальной геометрии исходной заготовки более эффективной является модель с кольцевой проточкой на нижнем торце.

УДК 621.961

Чистовая вырубка листовых металлов встречными матрицами

Студенты гр. 10402114 Луцкий Ю. И., Калишук П. А.
Научный руководитель – Любимов В.И.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При вырубке деталей из листового материала вследствие зазора между матрицей и пуансоном поверхность среза получается неровной. Она имеет три характерные зоны (рисунок 1,а): скругление кромки h_y , гладкую блестящую поверхность (блестящий пояс) h_n , соответствующие стадии пластической деформации, и слегка коническую криволинейную шероховатую поверхность (поверхность скола) h_c , образующуюся в результате разрушения материала. Поверхность среза имеет такой вид при оптимальном зазоре и острых кромках инструмента. При отступлении от оптимальных зазоров на поверхности среза дополнительно образуются вырывы, а при притупленных рабочих кромках и торцовые заусенцы. При притупленной кромке пуансона заусенец образуется на вырубленной детали (рисунок 1,б), а при притупленной кромке матрицы – на отходе.

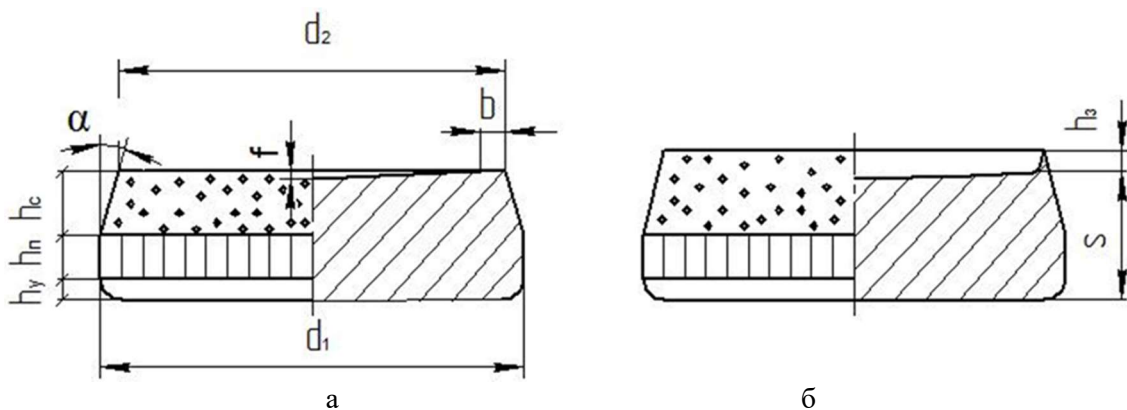


Рисунок 1 – Профиль поверхности среза вырубленной детали с острыми (а) и притупленными (б) кромками пуансона

При изготовлении точных деталей, например, в приборостроении к качеству боковой поверхности и точности размеров предъявляются повышенные требования. Поверхность среза в этих случаях должна быть гладкой на всем ее протяжении (шероховатость боковой поверхности должна соответствовать параметру $R_a = 2,5-1,25$ мкм для стальных и $R_a = 1,25-0,63$ мкм для пластичных цветных металлов) и перпендикулярной плоскости детали. Для устранения указанных недостатков требуется дополнительная обработка деталей, что приводит к увеличению расхода материала и росту трудозатрат. Наиболее экономичным способом получения деталей с высоким качеством поверхности среза в массовом и крупносерийном производстве является чистовая вырубка. Применение данного способа позволяет заменить механическую обработку и этим существенно уменьшить расход металла и себестоимость выпускаемой продукции.

Все способы чистовой вырубки сводятся к тому, чтобы создать в очаге деформации схему напряженного состояния неравномерного всестороннего сжатия, что способствует увеличению пластичности материала. В результате скалывающиеся трещины появляются при большей глубине внедрения пуансона в металл. Это позволяет улучшить качество поверхности среза за счет увеличения высоты блестящего пояса и уменьшения зоны скола. При вырубке пластичных металлов блестящий пояс может распространяться на всю толщину заготовки. Недостатком чистовой вырубки является образование на штампуемых деталях торцового заусенца, избежать которого удастся только при наличии острых режущих кромок пуансона. При малейшем притуплении режущей кромки пуансона в результате его износа образуется заусенец, высота которого возрастает по мере увеличения износа.

Удаление заусенца обходится зачастую значительно дороже самой операции штамповки, так как эти операции весьма трудоемки и трудно поддаются механизации и автоматизации. Величина заусенцев во многих случаях определяет качество штампованных деталей и их пригодность для дальнейшего технологического или эксплуатационного использования. На целом ряде ответственных деталей таких, как листы магнитопроводов электрических машин, пластины конденсаторов и трансформаторов, лепестки затворов фотоаппаратов, контактные пружины и т. п., заусенцы не допускаются.

Так как кромка вырубленной детали, обращенная к матрице, имеет небольшое скругление (рисунок 1), то с целью исключения образования заусенца на штампуемых деталях была рассмотрена возможность чистовой вырубки двумя встречно расположенными матрицами. Сущность способа заключается в том, что заготовку 3 (рисунок 2) располагают между двумя матрицами: плоской 4 и с конусным выступом 2. Вначале матрица 2 внедряется в заготовку 3 на глубину h до образования перемычки толщиной 25–30 %. Материал заготовки вдавливается в обе матрицы. Образующаяся при этом перемычка расположена в

средней части поверхности среза на некоторых расстояниях h и h_1 от верхней и нижней поверхностей заготовки. Затем пуансон 1 отделяет деталь от перемычки и смещает ее в матрицу 4. После вырубке контрпуансон 5 выталкивает деталь из матрицы. Поверхность среза при этом имеет небольшие скругления обеих кромок (рисунок 3).

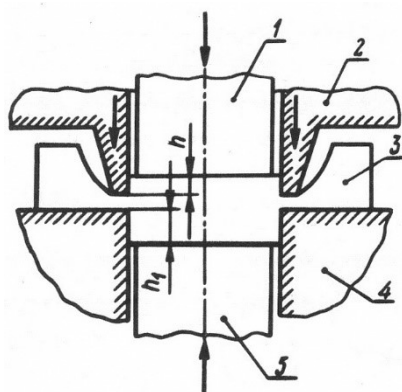


Рисунок 2 – Схема чистовой вырубki встречными матрицами

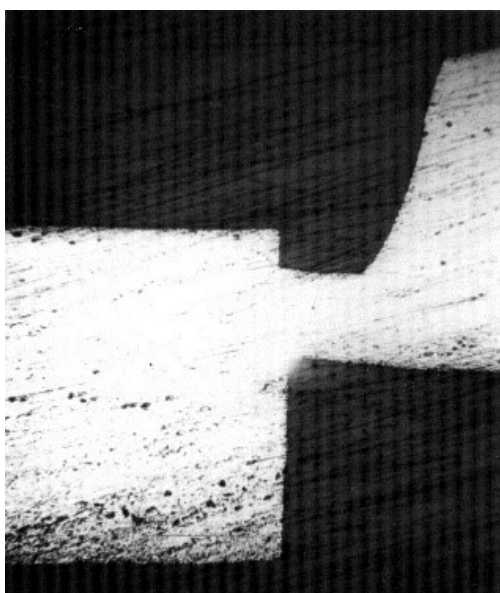


Рисунок 3 – Профиль поверхности, образованной при вдавливании матриц в заготовку

Для осуществления способа была разработана конструкция штампа, обеспечивающая требуемую последовательность движений его рабочих частей на прессах простого действия. На штампе осуществляли вырубку образцов диаметром 30 мм из алюминия А5, меди М3 и стали 08кп толщиной 1 и 2 мм. Полученные образцы имели ровную гладкую поверхность среза без заусенцев.

Уменьшение ширины торца конусного выступа матрицы способствует повышению качества поверхности разделения и снижению усилия вдавливания, но снижает его прочность. На основании экспериментальных исследований можно рекомендовать ширину торца конусного выступа матрицы при вырубке материалов толщиной $S = 1-2$ мм в пределах $(0,2-0,4) S$ при угле конусности $15-30^\circ$.

Штамп для чистовой вырубki листовых металлов встречными матрицами

Студенты гр. 10402112 Калишук П. А., Луцкий Ю. И.
 Научный руководитель – Любимов В. И.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Сущность способа чистовой вырубki встречно расположенными матрицами заключается в том, что заготовку 3 располагают между плоской матрицей 4 и матрицей с конусным выступом 2 (рисунок 1). Матрица 2 вдавливаются в заготовку до образования перемычки толщиной 25–30 % от толщины материала. После этого пуансон 1 отделяет деталь от перемычки, проталкивая ее в плоскую матрицу. При обратном ходе выталкиватель 5 удаляет деталь из матрицы. Для осуществления способа необходимы специальные прессы тройного действия. Один ползун прессы приводит в действие матрицу с конусным выступом, второй – пуансон, а третий – выталкиватель, осуществляющий удаление вырубленной детали из матрицы.

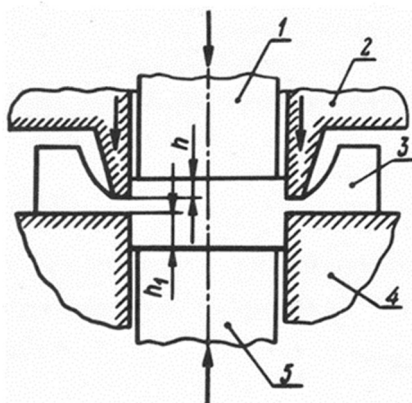


Рисунок 1 – Схема чистовой вырубki листовых металлов встречными матрицами

Для получения качественной поверхности разделения необходимо, чтобы матрицы были соосны, а их диаметры были одинаковы. Несосоосность матриц, даже при абсолютном равенстве их диаметров, приводит к тому, что на части периметра разделения размер заготовки после внедрения в нее конусного выступа матрицы 2 будет больше диаметра матрицы 4. В результате этого при движении пуансона 1 вниз будет происходить срезание лишнего металла (заштрихованная зона на рисунке 2, слева от оси симметрии), что ведет к образованию заусенца. На другой части периметра несовпадение кромок матриц приводит к тому, что на поверхности разделения образуется ступенька шириной b_1 (рисунок 2, справа от оси симметрии). Ширина ступеньки тем больше, чем больше несовпадение кромок матриц.

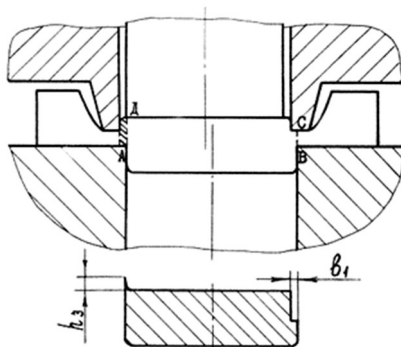


Рисунок 2 – Влияние несоосности матриц на характер поверхности разделения

Заусенец и ступенька на поверхности разделения могут образовываться и при соосных матрицах. Заусенец образуется тогда, когда верхняя матрица больше нижней (рисунок 3,а), а ступенька – когда нижняя матрица больше верхней (рисунок 3,б).

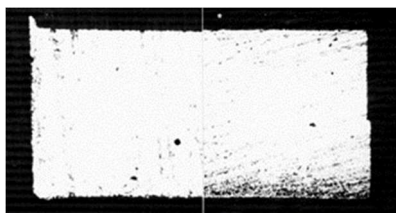


Рисунок 3 – Профиль поверхности разделения при соосных матрицах разного диаметра

Для реализации процесса на прессах простого действия разработана конструкция экспериментального штампа, обеспечивающая требуемую последовательность движений его рабочих частей (рисунок 4). На верхней плите 1 закреплен пуансонодержатель 2 с составным пуансоном 15 и подвижный матрицедержатель 5 с матрицей 6, имеющей конусный выступ. Матрицедержатель 5 соединен с верхней плитой винтами 17 через полиуретановый буфер 4. На нижней плите 12 закреплен матрицедержатель 10 с плоской матрицей 9. Для центрирования матриц 6 и 9 предусмотрены направляющие колонки 14, а для останова верхней матрицы 6 в требуемом положении – упоры 13. Для удаления деталей из матрицы 9 штамп оснащен выталкивателем 8 и полиуретановым буфером 11.

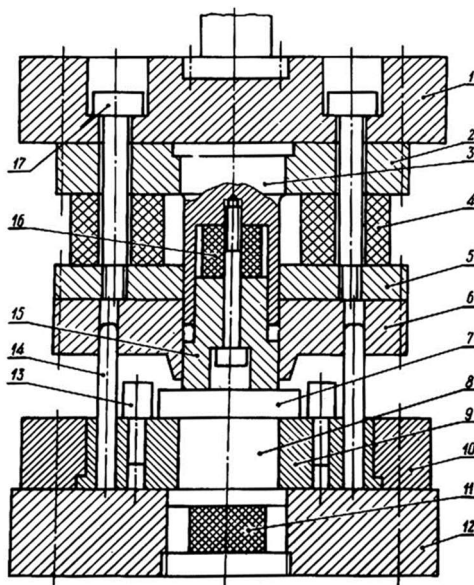


Рисунок 4 – Схема штампа

Штамп работает следующим образом. При опускании верхней плиты 1 заготовка 7 зажимается между выталкивателем 8 и пуансоном 15, при этом сжимается буфер 16. Когда торцовые поверхности пуансона 15 и конусного выступа верхней матрицы 6 сравняются, начинается вдавливание последнего в заготовку под действием буфера 4. При образовании перемычки толщиной равной 25–30 % толщины заготовки матрица с конусным выступом 6 доходит до упоров 13 и останавливается. После этого заплечики пуансона 15 упираются в торцовую поверхность направляющего стакана 3 и пуансон отделяет деталь от кольцевой перемычки и проталкивает ее в матрицу 9. При обратном ходе вырубленная деталь удаляется из матрицы выталкивателем 8.

Конструкция штампа позволяет осуществлять быструю замену пуансонов 15, матриц 6 и 9, упоров 13 и обеспечивает регулировку усилий всех буферов.

Проведенные испытания показали, что предложенная конструкция штампа может быть успешно использована для чистовой вырубki тонколистовых металлов на прессах простого действия.

УДК 621.73.073

Технологии повышения эксплуатационных свойств штампового инструмента

Студенты гр. 10402114 Калиновский О.В., Ляпко В.С.;
гр.10402117 Кузнецов Н.И.
Научный руководитель – Минько Д.В.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

На сегодняшний день актуальными задачами в инструментальном производстве являются значительное повышение технического уровня и улучшение качества изготавливаемого инструмента, обеспечение более полного удовлетворения потребностей в нем машиностроения, металлообработки и других отраслей народного хозяйства.

Износ штампов, влияющий на срок их службы и качество выпускаемой продукции, является одной из проблем, требующих оперативного решения при технологической подготовке производства.

Целью данного исследования является изучение технологий повышения эксплуатационных свойств штампового инструмента при обработке металлов давлением для получения повышенного технического уровня и улучшенного качества изготавливаемого инструмента.

Закалка сложнопрофильных поверхностей штампов с использованием лазерных технологий

Термическое упрочнение металлов и сплавов лазерным излучением [1] основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и последующем охлаждении этого участка со сверхкритической скоростью в результате теплоотвода во внутренние слои металла.

В отличие от известных процессов термоупрочнения [2] нагрев при лазерной закалке осуществляется не объемным, а поверхностным процессом. При этом время нагрева и время охлаждения незначительны, практически отсутствует выдержка при температуре нагрева. Эти условия обеспечивают высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностных участков деталей.

Технология лазерного упрочнения [1] позволяет упрочнять практически любые стали. В зависимости от содержания углерода и режимов лазерной обработки глубина упрочненного слоя колеблется в пределах от 0,1 до 1,5 мм.

Определены следующие достоинства этого метода [1]:

- возможность получать точную глубину обработки благодаря свойству лазерного луча дозировать вводимую энергию;
- сохранение большей части детали в не нагретом состоянии;
- возможность получения высокой твердости поверхностного слоя, обеспечиваемая за счет формирования износостойкой мартенситной структуры;
- обрабатываются локально избранные участки детали в местах, часто недоступных другим методам упрочнения;
- высокая скорость процесса, что приводит к минимальным деформациям и повреждениям детали, снижение деформаций снижает затраты на механическую обработку, устраняющую коробление детали;
- отсутствие механического воздействия на деталь, что позволяет обрабатывать хрупкие и тонкие детали;
- минимальное время обработки.

Упрочнение разделительных штампов покрытиями дискретной структуры

Упрочняющие покрытия дискретной структуры [3] многократно повышают долговечность штампов. Низкотемпературная нитроцементация позволяет повысить стойкость вырубных штампов в 1,4–1,5 раза [4], лазерное легирование – в 2,5–5 раз [1]. Необходимость поверхностного упрочнения штампов вызвана также применением более дешевых и легче обрабатываемых материалов, в том числе применением алюминиевых сплавов для изготовления штампов. Упрочняющим покрытием присущи такие недостатки как растрескивание и отслоение при высоких контактных нагрузках в условиях эксплуатации. Именно эти явления ограничивают ресурс штампа с покрытием.

Существенное повышение нагрузочной способности покрытий реализует принцип покрытий дискретной структуры повышенной термомеханической стойкости. Этот принцип позволяет многократно повысить предельное состояние покрытия: контактные нагрузки – в несколько раз, критические деформации основы – до 2 порядков, долговечность – в несколько раз по сравнению со сплошным покрытием той же толщины, состава и твердости. Снижаются многократно остаточные напряжения, что позволяет увеличивать толщину покрытия.

Установлено [3], что в сплошных покрытиях напряжения в покрытии быстро возрастают с увеличением ширины покрытия L относительно ширины контактного пояса b , как видно из рисунка 1. Наименьшее напряжение в покрытии достигается, когда его ширина равна ширине контактного пояса. При дискретном покрытии, так же как и для случая со сплошным покрытием [3], увеличение ширины дискретного покрытия L относительно ширины контактного пояса b вызывает повышение уровня напряжений в неразрезном поверхностном слое (рисунок 2.) Однако минимальное влияние ширины покрытия достигается на дискретном слое «разрезной» («островковой») конструкции, когда минимальная толщина слоя h_{\min} равна 0 и элементы («островки») покрытия не связаны друг с другом. Для такой конструкции напряжения в покрытии несколько возрастают и далее не изменяются (кривая 4). Наибольший эффект в повышении износостойкости достигается при суммарной площади дискретных участков 60–70 % [3].

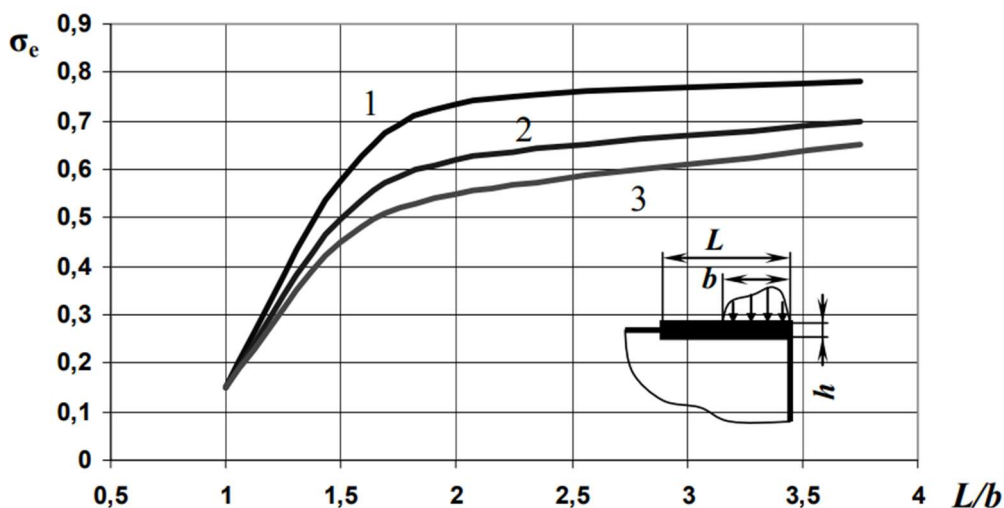


Рисунок 1 – Зависимость напряжений в покрытии ВК6 от ширины покрытия:
1 – $h/b = 0,04$; 2 – $h/b = 0,08$; 3 – $h/b = 0,12$

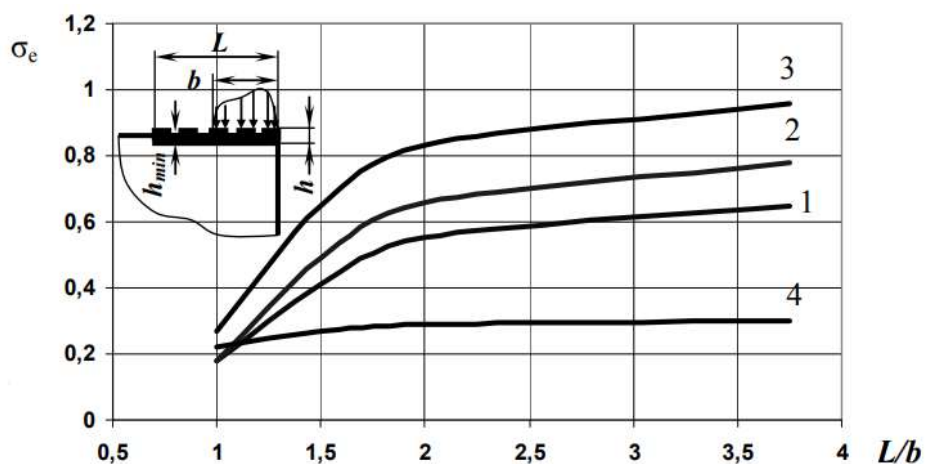


Рисунок 2 – Зависимость напряжений в дискретных покрытиях ВК6 от ширины покрытия:
 1 – $h_{min}/h = 1$; 2 – $h_{min}/h = 0,67$; 3 – $h_{min}/h = 0,33$; 4 – $h_{min}/h = 0$

Применение технологий поверхностного упрочнения штампового инструмента позволяет без внесения особых изменений в производство значительно повысить производительность, надежность и ресурс работы штампового оборудования, снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Список использованных источников

1. Лазерное легирование и упрочнение поверхности штамповых сталей / В.С. Томсинский [и др.] // Вопр. металловед. и терм. обр. мет. и сплавов. – 1993. – С. 66–71.
2. Мордасов Д.М. Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали Х12МФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов.
3. Упрочнение разделительных штампов покрытиями дискретной структуры / Е.Б. Сорока [и др.].
4. Салманов Н.С. Упрочнение режущих деталей вырубных штампов из полутеплостойких сталей / Н.С. Салманов // МиТОМ – 1997 – № 12. – С. 27–28.

УДК 621.992

Изучение особенностей получения тарельчатых пружин

Студент гр. 10402114 Зарецкий В.Н.

Научный руководитель – Шиманович О.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Интенсификация экономического развития приводит к совершенствованию технологических процессов, современных машин и систем. Основное направления развития технологии машиностроения – повышение экономической эффективности, комплексной автоматизации и гибкости технологий. Развития машиностроения неразрывно связано с применением методов изготовления заготовок методами обработки металлов давлением.

Процесс холодной объемной штамповки является наиболее эффективным. Этот способ применяется при изготовлении тарельчатых пружин. Таким образом, целью данной работы является изучение особенностей изготовления тарельчатых пружин.

Тарельчатые пружины находят широкое применение в технике для восприятия значительных сил при небольших перемещениях, в основном для гашения динамических и ударных нагрузок (амортизаторы, буферные устройства и т.п.).

Тарельчатые пружины представляют собой разновидность оболочковых упругих элементов высокой жесткости. Они состоят из штампованных стальных элементов в виде конических оболочек, напоминающих тарелку с отверстием вместо дна. Основным видом тарельчатых пружин – коническая шайба (рисунок 1).

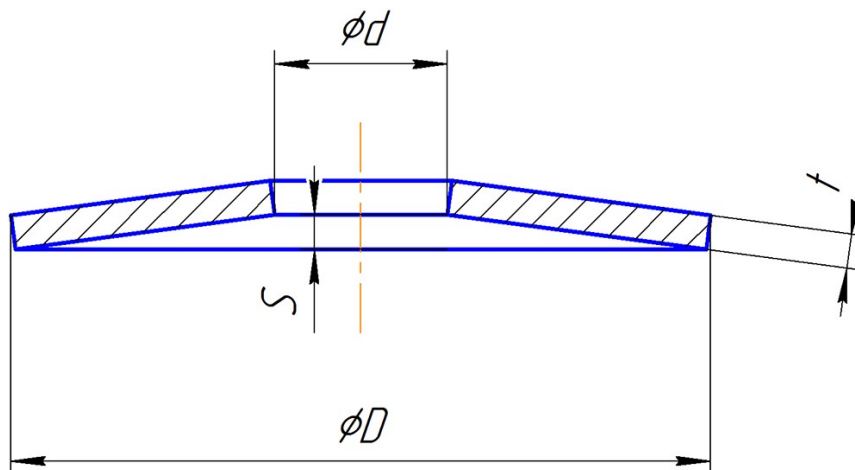


Рисунок 1 – Эскиз тарельчатой пружины

Шайбы выполняют толщиной от 1 до 20 мм с отношением наружного и внутреннего диаметров тарелок $D/d = 2 \div 3$.

Заготовки тарельчатых пружин штампуются из листовой кремнистой стали (типа 60С2А) при толщине до 6 мм в холодном состоянии, а при большей толщине – в горячем состоянии. Заготовки подвергаются термической обработке и упрочнению наклепом. При приложении центральной нагрузки тарельчатая пружина изгибается. Величина прогиба обычно составляет (0,5–0,8) долей от высоты усеченного конуса. Наибольшее значение прогиба при переменном режиме нагружения не должно превышать 0,6 высоты корпуса, а при статическом нагружении – 0,8 высоты конуса.

Штамповку заготовок конических тарельчатых шайб осуществляют комбинированным способом. Сущность комбинированной штамповки заключается в объединении нескольких операций в одном штампе, при этом объединяемые операции называют переходами. Объединяться могут: разделительные операции с разделительными, формоизменяющиеся с формоизменяющими, разделительные с формоизменяющими. Возможность объединения операций в одном штампе зависит от соотношения внешних и внутренних размеров штампуемых деталей.

При изготовлении заготовок тарельчатых пружин с использованием штампа последовательного действия (рисунок 2) полоса после каждого хода ползуна прессы перемещается на строго определенный шаг по переходам штамповки. При этом на первом переходе осуществляют вытяжку конуса с пробивкой отверстия диаметром d . На втором переходе вырубляют заготовку тарельчатой пружины по наружному диаметру D .

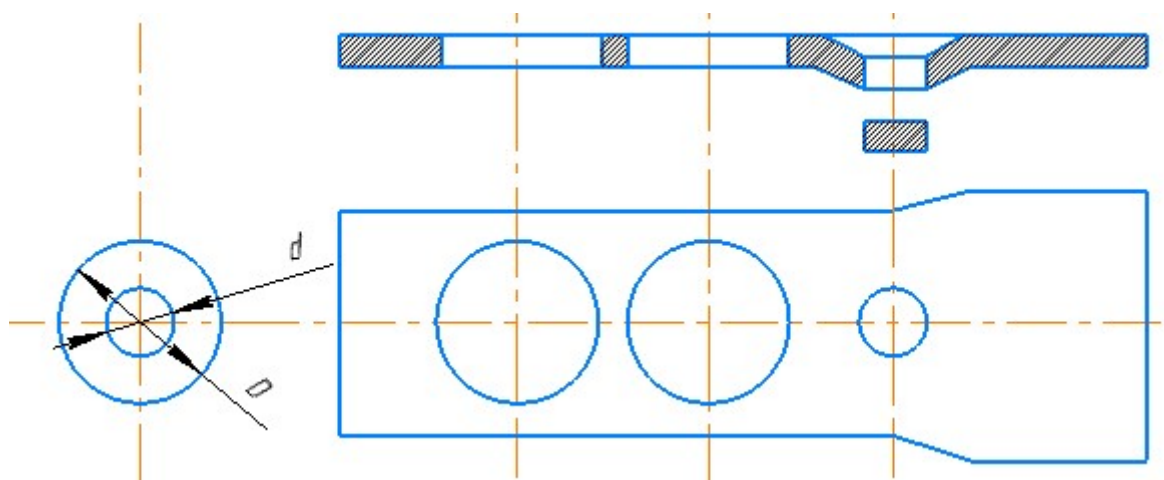


Рисунок 2 – Схема штамповки заготовок тарельчатых пружин с использованием штампа последовательного действия

Производительность процессов изготовления заготовок тарельчатых пружин зависит от быстроходности прессы и практически не зависит от конструктивного исполнения штампов.

Штампы последовательного действия имеют более простую конструкцию, но для них необходимо обеспечивать точную пошаговую подачу полосы с одной позиции штамповки на другую.

Тарельчатые пружины применяют: для очень точного перемещения при больших нагрузках, для различных видов болтовых соединений, в местах больших колебаний температуры, при расширении–сжатии материала, для предохранения соединений от разрыва, гашения вибраций и колебаний и т.д.

УДК 621.771

Исследование процесса прокатки антифрикционных материалов с добавками наноматериалов

Студенты: гр. 10402114 Кудласевич М.А., Суховеев Я.А.

Научный руководитель – Белявин К.Е.

Белорусский национальный технологический университет,
г. Минск

Основными требованиями, предъявляемыми к антифрикционным материалам, являются минимальный коэффициент трения и высокая износостойкость. Эти свойства определяют минимум потерь энергии в узлах трения и максимальный срок службы. В создании таких материалов порошковая металлургия играет доминирующую роль, позволяя в широких пределах варьировать состав и пористость, соответственно коэффициент трения и износостойкость. Специфика процессов порошковой металлургии включает технологии, позволяющие конструировать новые материалы с уровнем комплекса физико-механических свойств и служебных характеристик, значительно превышающих характеристики материалов, получаемых традиционными методами металлургии. Традиционно наиболее широкое применение для деталей узлов трения нашли материалы на основе меди. Для узлов трения, работающих при высоких скоростях скольжения и механических нагрузках, такие материалы не применяют из-за их недостаточной прочности. Для таких условий работы были созданы порошковые материалы на железной основе с твердыми смазками. Кроме того, технология порошковой метал-

лургии позволяет получать композитные высокопрочные и более дешевые изделия, состоящие из компактной стали и порошкового антифрикционного слоя [1].

Антифрикционный порошковый материал наносили на пластинку свободной насыпкой на специальном приспособлении для получения равномерной толщины слоя. Предварительно в порошок добавляли дисульфид молибдена.

Перед нанесением порошкового слоя стальные пластины подвергали очистке металлической щеткой и наждачной бумагой для устранения оксидной пленки, прокатке с нанесением рельефа зубчатого профиля с углом наклона зуба 45° для увеличения удельной поверхности, либо наносили гальваническим методом медный слой толщиной 0,1 мм. Для проведения пластической деформации использовали прокатный стан СПП-180 (диаметр бочки валков – 150 мм, скорость вращения – 6 об/мин, наибольшее давление металла на валки – 600 кН, мощность электропривода – 14 кВт) с рельефными валками [1].

Пластины с антифрикционным порошковым слоем подвергали термической обработке (спеканию) в защитно-восстановительной атмосфере эндогаза при температуре 750–780 °С в течение 50–60 мин [1]. В качестве нагревательного устройства использовалась лабораторная печь SNOL 30/1100. Управление лабораторной печью осуществлялось с помощью специального микропроцессорного терморегулятора японской фирмы Omron. Диапазон регулирования температуры: от 50 до 1100 °С.

После термической обработки проводили прокатку на прокатном стане Kalmag (диаметр бочки валков – 200 мм, скорость вращения – 3 об/мин, наибольшее давление металла на валки – 600 кН, мощность электропривода – 14 кВт) (Германия).

Эксперимент проводился по следующим вариантам:

- предварительная прокатка и спекание;
- спекание с последующей прокаткой [1].

Эксперимент проводился по следующим вариантам: предварительная прокатка и спекание; спекание с последующей прокаткой.

При получении образцов по первому варианту происходило отслаивание антифрикционного слоя, из-за наличия оксидного слоя на поверхности стальной пластины поэтому в дальнейших исследованиях использовались образцы, полученные по второму варианту.

В процессе изготовления заготовок и деталей спеканием с последующей прокаткой применялось добавка дисульфида молибдена улучшающая трибологические свойства материала. Выбор дисульфида молибдена обусловлен тем, что его добавка действует как твердый смазочный материал, что на стадии изготовления изделия улучшает прессуемость порошка, а при эксплуатации уменьшает интенсивность абразивного изнашивания в условиях сухого трения скольжения.

На границе соединения порошка бронзы и стального основания наблюдается переходный слой толщиной 20–25 мкм (рисунок 1), образующийся в результате взаимодействия бронзы и стали при спекании.



Рисунок 1 – Микроструктура слоя взаимодействия материалов композиции

С целью повышения адгезионной прочности сцепления материалов композиции сталь – бронза в шихту вводили 0,5 % (весовых) ультрадисперсного порошка MoS_2 и Al_2O_3 . Испытания на адгезионную прочность производились методом среза.

В ходе анализа полученных экспериментальных результатов был определен коэффициент трения образцов. График результатов представлен на рисунке 2.

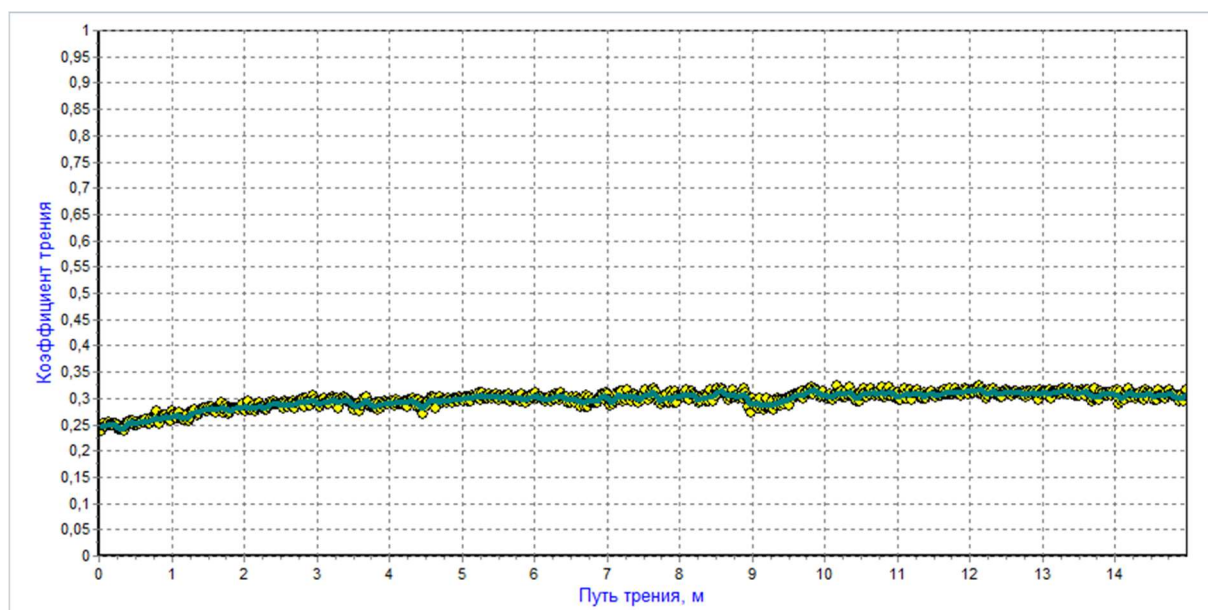


Рисунок 2 – Изменение коэффициента трения при нагружении 10 г в зависимости от длины пути индентора по бронзовой поверхности, полученной прокаткой ($\times 10^{-1}$)

Список используемых источников

1. Белявин, К.Е. Получение двухслойных антифрикционных материалов методом прокатки/ К.Е. Белявин, А.Н. Белый, Л.Н. Дьячкова // Порошковая металлургия. – 2012. – № 35. – С. 20–23.

2. Минько, Д.В. Динамическое электроимпульсное прессование и спекание наноструктурных порошков / Д.В. Минько, К.Е. Белявин, А. Н. Белый // Дата публикации 2016.

**Порошковые и
композиционные
материалы,
покрытия и сварка**

Магистрант Жук В.А.

Научный руководитель – Керженцева Л.Ф.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Карбид кремния нашел широкое применение в электронике. Это связано с большой шириной запрещенной зоны полупроводника, высокой теплопроводностью, высокими пробивными полями и скоростью насыщения электронов, а также значительной радиационной и термической стабильностью [1]. По своей структуре это соединение аналогично алмазу; решетку карбида кремния можно получить, если в немного расширенной решетке алмаза заменить половину атомов углерода на атомы кремния.

Известные данные о структуре и свойствах тонких пленок карбида кремния делают перспективным использование тонких пленок при разработке высокотемпературных и радиационноустойчивых микроэлектронных приборов и датчиков. Фотопроводимость в SiC обусловлена основными носителями заряда, так как все неосновные носители захватываются ловушками. При высоких температурах фотодетекторы из SiC лучше, чем из любого других полупроводниками (Si, GaAs) [2]. Большая по сравнению с Si и GaAs ширина запрещенной зоны, означает больший диапазон рабочих температур (теоретически до ~1000 °C), а также возможность создания приборов, излучающих во всем диапазоне видимого света.

Благодаря большому значению поля пробоя SiC, по сравнению с кремнием, при одном и том же значении напряжения пробоя уровень легирования SiC-диода может быть на два порядка выше, чем кремниевого. Как следствие, его последовательное сопротивление будет меньше и в итоге удельная мощность – больше. В этом же причина высокой радиационной стойкости SiC-приборов. Высокая теплопроводность (для поликристаллического SiC – на уровне теплопроводности меди) в сочетании с высокими допустимыми рабочими температурами и большими скоростями насыщения носителей (большие токи насыщения полевых транзисторов) делает SiC-приборы весьма перспективными для использования в силовой электронике.

Для SiC характерна высокая температура Дебая, определяющая температуру, при которой возникают упругие колебания кристаллической решетки (фононы) с максимальной для данного материала частотой. Температуру Дебая можно рассматривать как параметр, характеризующий термическую стабильность полупроводника. На основе карбида кремния возможно изготовить различные типы полупроводниковых приборов, т.к. из SiC получают подложки большого размера, структуры n- и p-типов проводимости, а также окислы (SiO₂).

Пленки политипа 3C-SiC (самый узкозонный из политипов карбида кремния) используются в производстве полевых, СВЧ-транзисторов, а также для изготовления мембран и тензодатчиков. Пленки политипа 6H-SiC используются в производстве светодиодов различных областей спектра, выпрямительных диодов, полевых и биполярных транзисторов, тиристоров, а также в фотоприемниках и фотодетекторах УФ-диапазона, которые практически не деградируют с течением времени [3].

Карбид кремния обладает комплексом высоких физико-механических и химических свойств: твердостью, прочностью, износостойкостью, теплопроводностью, термостойкостью, стойкостью к окислению и воздействию агрессивных сред и т.д. Тонкие пленки карбида кремния обладают аналогичными свойствами. В БНТУ под руководством профессора, д.т.н. Ковалевского В.Н. разработан целый класс материалов с использованием нанотехнологий нанесения тонких пленок, в том числе карбида кремния.

Высокие требования к состоянию поверхности с размером шероховатости на уровне атомарных слоев для хрупких материалов микроэлектроники (оптических стекол, полупроводникового кремния) могут быть достигнуты магнитоабразивной обработкой за

счет воздействия движущихся в потоке частиц-композитов, изготовленных из ферромагнитной и абразивной компонент. Частицы-композиты получали нанесением абразивных карбидокремниевых наноструктурных слоев на ферромагнитные частицы физическим осаждением конденсата методом магнетронного распыления охлаждаемого комбинированного катода с варьированием температуры и толщины слоев, которое достигается изменением плотности и энергетического состояния эмиттируемых потоков вещества, температуры поверхности частиц, давления и состава остаточной атмосферы в камере [4].

Работоспособность волоочильного инструмента определяется стойкостью его к износу и образованию трещин при волочении, способности противостоять изменению формы, размеров и состоянию поверхности рабочего канала волок под действием термосиловой и ударной нагрузки при протягивании высокопрочной кордовой проволоки. Использование сверхтвердых материалов на основе синтетического алмаза и карбидокремниевой матрицы может быть перспективным, если они, превосходя по износостойкости твердый сплав в 800 раз, будет обладать как минимум такой же вязкостью разрушения и прочностью на сжатие.

Применение в качестве материала для волок композита алмаз – карбид кремния, известного как сверхтвердый материал «Скелетон – Д», возможно в том случае, когда с целью снижения его стоимости будут исключены потери алмаза при графитации с одной стороны, с другой будет повышена его вязкость разрушения и прочность на сжатие. Эта задача была решена за счет модифицирования сверхтвердого материала «Скелетон – Д», при котором использовались микрошлифпорошки алмаза с предварительным покрытием их нанослоем карбида кремния [5].

Проблема изготовления пористых порошковых материалов из сферических порошков с низкими технологическими свойствами связана с невозможностью спекания их в состоянии свободной засыпки. Получение пористых изделий из порошков с нанопокрывтием из смеси компонентов, химически не взаимодействующих при осаждении и формовании, позволяет изготовить пористую заготовку с заданным распределением пор в условиях спекания. Спекание порошка титана в вакууме наблюдается при температуре образования из смеси компонентов карбидов или силицидов, что позволяет получить ППМ с высокими свойствами.

Фильтры из ППМ на основе титановых порошков находят применение для очистки печных агрессивных сред, фильтрации твердых частиц выхлопа дизельных двигателей и т.п. Конденсат наносился путем магнетронного распыления комбинированных катодов в виде композиционного покрытия из слоя кремния и слоя из смеси кремния и углерода или кремния и молибдена толщиной свыше 300 нм в условиях отдельного синтеза, при котором распыляемые элементы взаимодействуют с протеканием экзотермической реакции на заключительном этапе – спекании [6].

Список использованных источников

1. Лебедев, А.В. Электроника / А.В. Лебедев, С.С. Сбруев // Наука, технология, бизнес. – 2006. – № 5. – С. 28–41.
2. Полупроводниковые фотоэлектропреобразователи для ультрафиолетовой области спектра / Т.В. Бланк [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2003. – Т. 37. – Вып. 9. – С. 1025–1055.
3. Эпитаксиальные пленки 6Н–SiC как детекторы ядерных частиц / А.А. Лебедев [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2000. – Т. 34. – Вып. 2. – С. 249–255.
4. Получение композиционных порошков на основе ПХ 30 для магнитно–абразивной обработки / В.Н. Ковалевский [и др.] // Приборостроение–2010: материалы 3–й МНТК. – Минск: БНТУ, 2010. – С. 253.
5. Нанесение слоистых нанопокрывтий на порошки алмаза и получение материалов на основе этих порошков / В.Н. Ковалевский [и др.] // Порошковая металлургия. – Минск. –2006. – С. 86 – 93.

6. Изготовление пористых порошковых материалов из сферических порошков коррозионностойкой стали / В.Н. Ковалевский [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3.– С. 98 – 105.

УДК 534.2

Изменения структуры и концентрации легирующих элементов в техническом алюминии, полученные в режиме сверхглубокого проникания (СГП)

Магистрант Караминадик Иман
Научный руководитель – профессор Ушеренко С.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Легирование алюминия и его сплавов, как правило, выполняется в жидком агрегатном состоянии. Из расплава алюминия изготавливают детали сложной формы. Это приводит к интенсификации перераспределения химических элементов и к пассивации поверхности.

Можно производить алюминиевые изделия в твердом агрегатном состоянии [1]. Тогда используют энергию волн высокого давления, а в зонах локальной кумуляции полей создаются условия для заноса лигатуры и синтеза дополнительных химических элементов.

Создать высокое давление можно при воздействии на металлическую заготовку высокоскоростной струи порошковых частиц.

Часть порошковых частиц, попадая в зоны высокого давления и, соответственно, в зоны потери устойчивости кристаллической решетки алюминия, перемещаются с поверхности в объем твердого тела на глубины до 80 мм за время в доли секунды.

Целью данной работы является приведение прямых доказательств реализации при СГП эффектов динамического переноса частиц в объеме алюминиевого твердого тела, подвода дополнительной энергии к ударникам и синтеза дополнительных легирующих элементов.

Массоперенос реализуется при подводе к ударникам дополнительной энергии, а в закрытой системе имеет взрывной характер. Движение ударника (пули) в воде сопровождается взрывами по траектории движения. Взрывы в жидкости за ударником называют кавитацией.

Кавитация приводит к появлению на поверхности многочисленных взрывных каверн. Треки, возникают при движении твердых микрочастиц в техническом алюминии (А7).

Микровзрывы по оси трека формируют прямую или обратную струи. Прямая струя действует на тыльную часть микроударника и ускоряет его.

На рисунке 1 в алюминии (А7) показан элемент армирования.

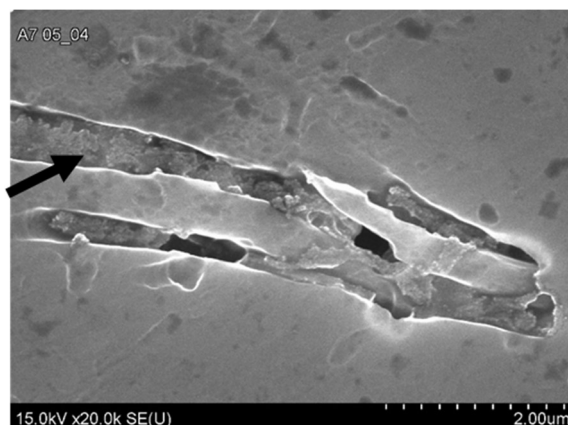


Рисунок 1 – Элементы армирования и легирования алюминиевой матрицы

В таблице 1 показаны размеры и доля армирующей зоны.

Таблица 1 – Характеристика армирующей зоны

Общая площадь, мкм ²	Площадь включений, мкм ²	Процентное содержание включений, %	Средняя площадь – S и Ø – диаметр включения, мкм ² и мкм
28,35	5,05	17,81	S – 0,51 ; Ø–0,43

В таблице 2 показан состав армирующей зоны. Легирующий материал показан черной стрелкой на рисунке 1.

Таблица 2 – Состав армирующей зоны

Элемент	№	norm. C [Wr.%]	Atom. C [Wr.%]	Error [Wr.%]
C	6	4,81	11,66	0,6
O	8	071	1,29	0,1
Al	13	64,81	69,89	2,8
Si	14	3,22	3,33	0,2
S	16	0,36	0,33	0,0
Fe	26	24,52	12,77	1.1
Cu	29	1,57	0,72	0.2

Выводы. Прошивка в режиме сверхглубокого проникания технического алюминия формирует композиционный материал и легированию волокон, синтезированным в условиях СГП веществом.

Список использованных источников

1. Марукович, Е.И. Динамическая модификация алюминия и его сплавов / Е.И. Марукович, Ю.С. Ушеренко, С.М. Ушеренко // Металлургия машиностроения. – 2017. – № 5. – С. 11–19.

УДК 621.791: 669.29

Сравнительный анализ сварки обода колеса БелАЗ с использованием моделирования в SOLIDWORKS

Студент гр. 10403113 Киселевич Р.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Механизированная сварка в углекислом газе и в среде защитных газов является наиболее распространенным способом механизированной сварки электродом. Наличие в металле трещин, пор, неметаллических включений снижает прочность металла. Между тем эти дефекты практически всегда присутствуют в металле шва, и зачастую причиной их появления является сварочный процесс. Чистые инертные газы не могут быть причиной пористости в сварных швах. Поэтому большие требования предъявляются чистоте защитных газов. Наибольшее ограничение для технического аргона накладывается по водороду не более 0,1 %. Количество допустимых примесей азота зависит от

рода свариваемого металла. При электродуговой сварке поступление газов в металл способствуют высокая температура, значительная контактная поверхность металл – газ при сравнительно небольшом объеме металла, интенсивное перемешивание, наличие электрических и магнитных полей. Для образования холодных трещин (ниже 423–478 К) необходимы: локальная пластическая деформация, вызванная остаточными сварочными напряжениями, общее упрочнение металла в зоне сварки; наличие физико–химической неоднородности; укрупнение размеров кристаллов; наличие компонентов, уменьшающих деформационную способность, например, водорода.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) основана на использовании энергии электронов, движущихся с большой скоростью в вакууме. Процесс сварки на повышенных ускоряющих напряжениях имеет ряд преимуществ при выполнении соединений из металла большой толщины. Применение мощного концентрированного источника теплоты способствует сосредоточению нагрева на весьма малом пятне, диаметр которого равен поперечному сечению сжатого сварочной пушкой пучка электронов и достигает десятых и даже сотых долей миллиметра. Такая концентрация энергии делает возможной сварку с недоступным для дуговых методов сварки соотношением глубины к ширине 20:1. Современные сварочные пушки обеспечивают устойчивый процесс как при малых, так и при больших значениях тока пучка электронов. Процесс сварки осуществляется в вакуумной камере (полное отсутствие газов, окружающих зону сварки).

В программе SOLIDWORKS была спроектирована модель обода колеса БелАЗ изготовленного из стали 09Г2С, который состоит из трех частей. Задали все характеристики стали 09Г2С. Отдельно спроектировали валик сварного шва, зону термического влияния и околошовную зону. Именно к этим трем объектам были приложены различного рода нагрузки, температура плавления при различных видах сварки. Нагрузки зависят от способа сварки, а именно в какую сторону будут направлены силы которые действуют на обод в процессе сварки от температуры нагрева в процессе сварки. В итоге была получена цветная шкала напряжения. Каждому цвету присвоен свой интервал напряжения. Был проведен сравнительный анализ моделей обода, полученных электроннолучевой сваркой (рисунок 1) и механизированной сваркой (рисунок 2).

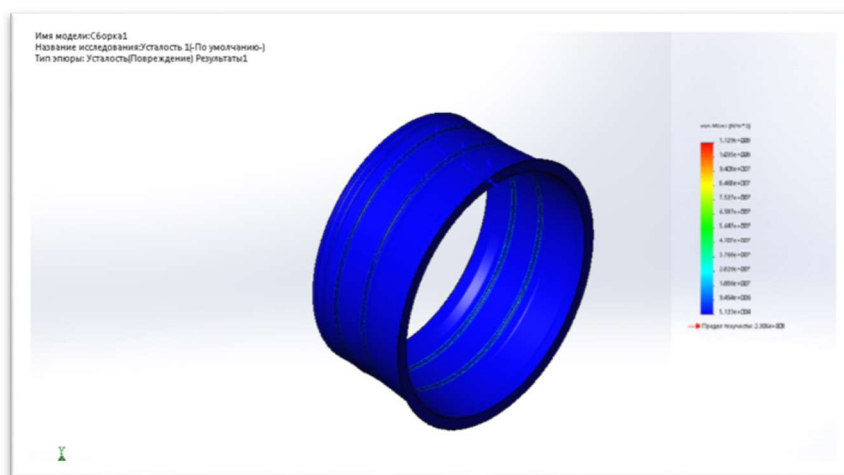


Рисунок 1 – Эпюра статического испытания после электроннолучевой сварки

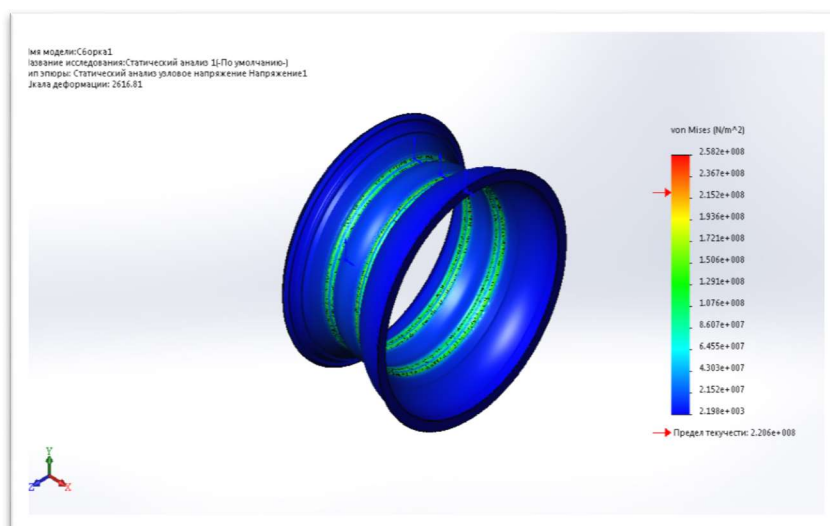


Рисунок 2 – Эпюра статического испытания после сварки в защитных газах

Расчеты показали, усталостная прочность изделий, полученных ЭЛС выше, чем полученных дуговой сваркой в среде защитных газов. Так как при механизированной сварке была выявлена деформация, было проведено исследование в разрезе, чтобы увидеть характер поведения сварного шва (рисунок 3).

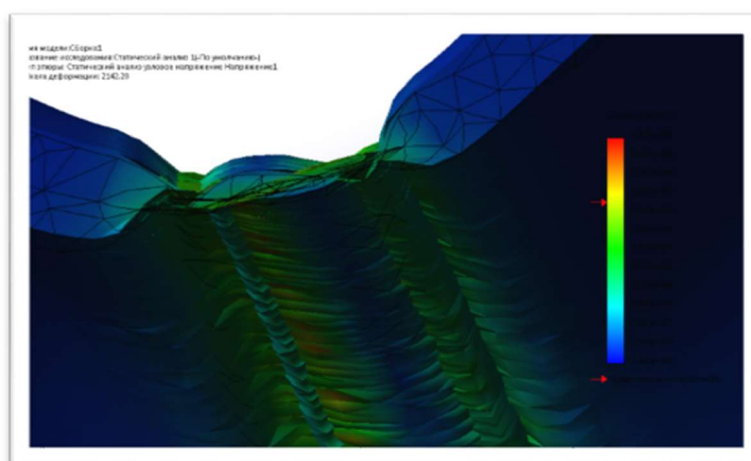


Рисунок 3 – Характер поведения сварного шва после сварки в защитных газах

УДК 621.793

Оксидные керамо-огнеупорные материалы для металлургических процессов и производств

Студенты гр. 10403114: Мамонов А.М., Гришанов М.Я.
 Научные руководители: Пантелеенко Ф.И., Шмурадко В.Т.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Современная промышленность требует использования в производстве деталей с повышенными эксплуатационными характеристиками, обеспечивающими надежность оборудования.

Для выпуска высококачественной металлопродукции, изготавливаемой на Белорусском металлургическом заводе (БМЗ), для изготовления технологической оснастки необходимы высокопрочные, износостойкие огнеупорные материалы.

От их износостойкости зависит не только количество и стоимость выпускаемой продукции, но так же ее качество и точность изготовления. Лидирующие позиции плавильно-литейных производств и выпускаемая ими продукция находится в прямой зависимости от качества применяемых керамо-огнеупорных материалов.

Две третьих огнеупоров в металлургическом производстве разрушается от термоударов и коррозионно-эрозионного износа, ухудшая качество литья и его экономические показатели. Постоянство диаметра выпускного канала стакана дозатора (СД) является основным требованием при получении отливки и зависит от огнеупорного материала.

В целом, служба огнеупоров, являясь научно-технической проблемой, включает: анализ условий эксплуатации СД в промковше (температуры, газовой среды, скорости, количества и марки разливаемой стали в кристаллизатор через СД; установление времени непрерывного литья заготовок); изучение физико-химических, структурно-фазовых состояний и коррозионно-эрозионных процессов, происходящих в канале и в сечении материала; разработку рекомендаций по выбору исходного минерального и техногенного сырья, соответствующей технологии получения двухслойных керамо-огнеупорных изделий, отвечающих заданным условиям и срокам службы, качеству выпускаемого расплава и получаемых заготовок; создание новых огнеупорных материалов и эффективных конструкций изделий, оптимизирующих процессы и механизмы литья.

На кафедре «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» БНТУ разработаны оксидно-керамо-огнеупорные материалы для металлургических процессов и производств. Изготовлены образцы роликов, что решает проблему импортозамещения и обеспечивает технические условия и количественные уровни производимого металлокорда и проволоки катанки. Испытания роликов проводятся на БМЗ.

Изготовлены стаканы дозаторы (СД) из оксидно-керамо-огнеупорных материалов по технологии керамобетонов, где носителями огнеупорных свойств, коррозионно-эрозионной устойчивости и эксплуатационных характеристик материала-изделия являются корундовые заполнители, а также вяжущие, получаемые трибохимическим (механохимическим) размолом в керамических мельницах (атриторах) в течение 3–18 ч корундовых порошков (размерами 100 мкм) с оксидными добавками. При этом, эти размалываемые системы переходят в состояние активированных высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий. Создаваемые таким образом бесцементные или низкоцементные суспензии, в зависимости от содержания СаО, вводимого с оксидными добавками в виде глиноземистого или высокоглиноземистого цементов и состоящие из смеси моно- и диалюминатов кальция, обеспечивают при твердении, промежуточную прочность изделий после формования, а затем керамическую прочность в процессе термической подготовки и эксплуатации СД в промковше, при температуре 1600–1650 °С, обеспечивая тем самым целостность и герметичность границ гнезд, в которых установлены стаканы дозаторы (СД).

УДК 621.793

Разработка градиентного материала PdHx

Студенты гр. 10403116: Назаров Д.А.

Научный руководитель: Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Развитие науки и техники приводит к повышению уровня жизни человечества, тем самым стимулируя рост его стремления к удобству и комфорту. А поскольку развитие ни одной технологии невозможно без обеспечения материалами, то появление новых материалов, как конструкционных, так и функциональных, неизбежно.

Одними из новых материалов, развиваемых в последнее десятилетие, являются так называемые градиентные материалы: их функциональные свойства систематически изменяются по объему или по одному из размерных параметров частицы, пленки или объемного образца. Их основная сфера использования – материалы и устройства, работающие в экстремальных условиях (большие градиенты механических нагрузок и температуры). Чаще их называют функционально-градиентными материалами (ФГМ).

ФГМ перспективны в таких областях, как энергетика, термоядерный синтез, для применения в газовых турбинах, и т.д. Прообразом ФГМ являются градиентные материалы, распространенные в живой природе – бамбук, кукуруза, ячмень, – поскольку они армированы нитями, прочность которых в десятки раз превышает прочность матрицы. Причем, именно характер распределения этих армирующих нитей позволяет говорить о градиентности материала.

В металлических материалах градиентность может возникнуть и в случае неравномерного распределения одного из компонентов сплава. В работе [1] исследовали особенности палладиевой пластины в процессе одностороннего насыщения водородом. Было показано, что одностороннее насыщение приводит к образованию и развитию временного градиентного материала металл–водород, состоящего из, по крайней мере, трех слоев: медное покрытие, чистый палладий, еще не насыщенный водородом, и слой PdH_x , находящийся в равновесии с газовой средой. Градиентные материалы MeH_x перспективны для применения в сфере интенсивно развивающейся сейчас водородной энергетики. Их создание основано на особенностях водородного воздействия.

Фундаментальная особенность водородного воздействия заключается в том, что при насыщении металла водородом перестройка исходного металла в новый материал всегда является процессом, протяженным в пространственном масштабе и длительным во времени. Этот процесс реализуется через образование, развитие и «работу» нового материального объекта – временного градиентного (ВГ)-сплава металл–водород. Определение «временный» отражает принципиальную особенность градиентного сплава металл–водород, состоящую в том, что этот материальный объект всегда существует в металле ограниченный период времени от начала проникновения водорода в металл до установления термодинамического равновесия водорода в металле с водородом в газовой фазе.

Основной характеристикой ВГ-сплава является градиент концентрации в нем водорода, являющийся пространственной и временной функцией параметров процесса насыщения металла водородом (температура, давление газообразного водорода и т.д.). Очевидно, что именно градиент концентрации водорода определяет характеристики и свойства временного градиентного материала металл–водород, а именно: градиенты дилатации кристаллической решетки, градиенты сил межатомного взаимодействия и механических свойств, градиенты ВК-напряжений и т.д.

За основу наших расчетов первоначально взяты результаты работы [1]. Влияние давления водорода на индуцированное водородом формоизменение палладиевой пластинки ($68 \times 5,5 \times 0,27$ мм) было изучено в настоящей работе при 240 °С при различных давлениях водорода от $0,03$ МПа до $0,43$ МПа. Всего было выполнено 7 экспериментов. Эксперименты проводили на специально сконструированной водородо-вакуумной установке. Образец с односторонним медным покрытием медленно (3 К/мин) нагревали до температуры эксперимента и выдерживали при этой температуре 20 мин. После этого в рабочую камеру подавали диффузионно очищенный водород через патрубок. Регистрацию изменений стрелы прогиба свободного торца образца осуществляли через кварцевое окно. Для этого использовали катетометр с подсоединенной к нему видеокамерой Samsung. Полученную видеозапись затем расшифровывали кадр за кадром в программах Pinnacle Studio или Adobe Premiere.

В тех случаях, когда изгиб образца развивался быстро, в течение нескольких секунд, использование видеозаписи было особенно важно. Ошибка измерения величины

стрелы прогиба при видеозаписи составила 0,03 мм. Пример зависимости стрелы прогиба пластины от времени показан на рисунке 1.

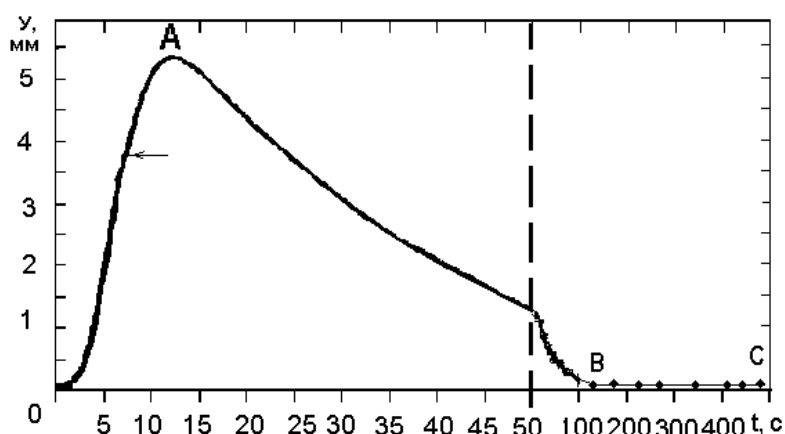


Рисунок 1 – Временная зависимость стрелы прогиба пластины при ее одностороннем насыщении водородом ($P_{H_2} = 0,2$ МПа) в изотермических условиях при 240 °С

Расчеты, выполненные нами по результатам серии изотермических экспериментальных исследований, показали, что чем выше создаваемое давление газообразного водорода, тем больше градиентность временно существующего материала PdHx. Этот материал состоит из слоя палладия, насыщенного водородом, нейтрального слоя и слоя чистого палладия. Возникающие на границах слоев внутренние напряжения и вызывают изгибы палладиевой пластины. (Это явление в литературе названо водородоупругостью, по аналогии с термоупругостью). Соответственно, используя стандартную в науке о сопротивлении материалов задачу о биметаллической пластине, можно рассчитать величину возникающих в пластине напряжений, и силу, необходимую для замыкания контакта. Именно это станет предметом нашего следующего анализа и расчетов.

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время разрабатываются водородные сенсоры, основанные на различных принципах действия, как правило – на различиях свойств рабочих элементов сенсора в обычном состоянии и в среде водорода. Например, на изменении электросопротивления, теплопроводности, акустических и других свойств. Изучаемый нами временный градиентный материал PdHx открывает дорогу к созданию водородного сенсора, работа которого основана на контролируемых изгибах палладиевой пластины под воздействием проникновения газообразного водорода. Работа важна для обеспечения безопасности производств, связанных с образованием/применением газообразного водорода (металлургия, химия и нефтехимия).

Список использованных источников

1. Гольцова, М.В. Особенности формирования градиентного сплава палладий–водород и формоизменение палладиевой пластины в процессе одностороннего насыщения водородом / М.В. Гольцова, Е.Н. Любименко // Физика металлов и металловедение. – 2011, т. 112. – № 4. – С. 393–403.

Изучение влияния модифицирующих добавок в покрытии электродов марки УОНИ–13/55 на глубину проплавления и микроструктуру наплавленного металла

Студенты: гр. 10403114 Яркевич Е.В., Гришанов М. Я.,
гр. 10403116 Лобанова М.А., Фисенко М.В.

Магистрант Серета В.Ю.

Научный руководитель: Урбанович Н.И.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Целью настоящей работы являлось изучение влияния модифицирующих добавок в покрытии электродов марки УОНИ-13/55 на глубину проплавления и структуру металла шва при наплавке валика на сталь марки Ст. 3.

В качестве добавок в покрытие электродов использовали отсеы модификаторов «L-cast» и «МС» применяемых в металлургической промышленности для модифицирования чугунов и сталей. Отсев модификатора марки «L-cast» имеет в своем составе такие химические элементы, как барий, стронций, калий, кремний, алюминий и представляет собой смесь устойчивых соединений щелочно-земельных металлов в виде карбонатов. Отсев модификатора «МС» содержит элементы IV и V групп периодической системы и фтор, и представляет собой смесь в виде оксидов (% масс): циркония (4–5), титана (3–4), ниобия (3–4), остальное солей фтора в виде криолита (79–81).

Для проведения исследований добавку, которую смешивали с жидким натриевым стеклом, наносили кисточкой на покрытие стандартных электродов марки УОНИ–13/55 диаметром 3,0 мм. Наплавочные эксперименты выполняли на пластинах из стали марки Ст.3 размером 200×150×6 мм. Наплавку проводили инвертором марки КЕМРРІ.

Чтобы исключить влияния сварщика на сварку, сварочный процесс проводили в режиме автоматического подачи электрода на экспериментальной установке. Скорость подачи электрода определили экспериментальным путем, которая составила 200 мм/мин. Наплавку проводили на следующих режимах: сила сварочного тока $I_{св.} = 68–70$ А, напряжение сварочной дуги $U_d = 18$ В. Для возбуждения дуги использовали угольный электрод. Замеры параметров наплавленного металла и ЗТВ проводили, используя программу SIAMSL.

В таблице 1 представлены результаты измерений наплавленного шва и ЗТВ, а на рисунке 1 показаны макрошлифы наплавленных валиков.

Таблица 1 – Размеры наплавленных валиков

№	Наименование добавки и ее количество, %	Глубина проплавления, мкм	Ширина шва, мкм	Высота выпуклости, мкм	Ширина ЗТВ, мкм	Ширина зоны сплавления, мкм
1	Отсев модификатора «МС» – 0,6	681,1	5750,1	1367,1	912,2	368,2
2	Отсев модификатора «L-cast» – 1,0	561,5	6273,7	1486,5	1101,1	387,1
3	Стандартный электрод марки УОНИ–13/55	672,2	6165,9	1394,5	925,4	327,2

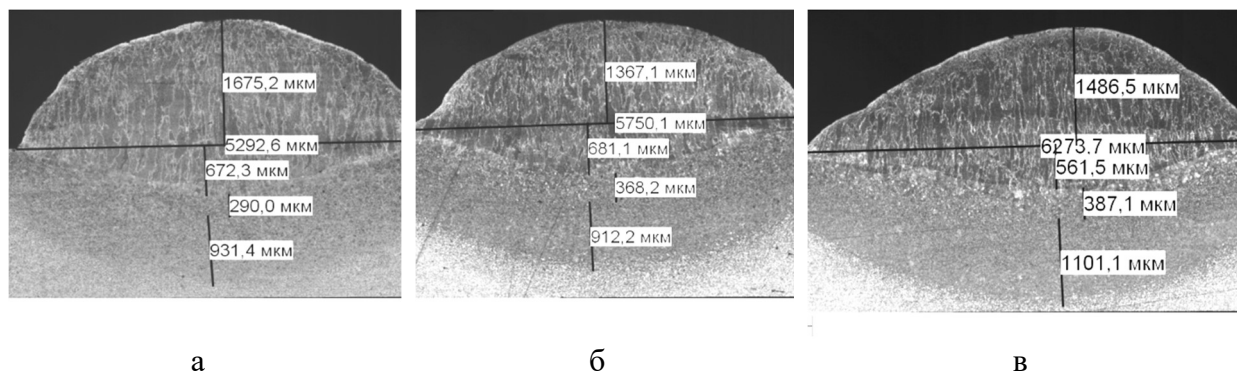


Рисунок 1 – Макрошлифы наплавленных валиков:
 а – контрольного образца; б – с добавкой отсева модификатора «МС» – 0,6 % ;
 в – «L-cast» – 1,0 %

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что добавки, введенные в покрытия электродов, оказали воздействие на размеры наплавленного шва, глубину проплавления и ЗТВ.

На рисунке 2 представлены микроструктуры наплавленных швов, полученных электродом марки УОНИ–13/55 без модифицирующей добавки и с добавкой отсева модификатора «L-cast», изучение которых осуществляли на оптическом микроскопе ALTAMI.

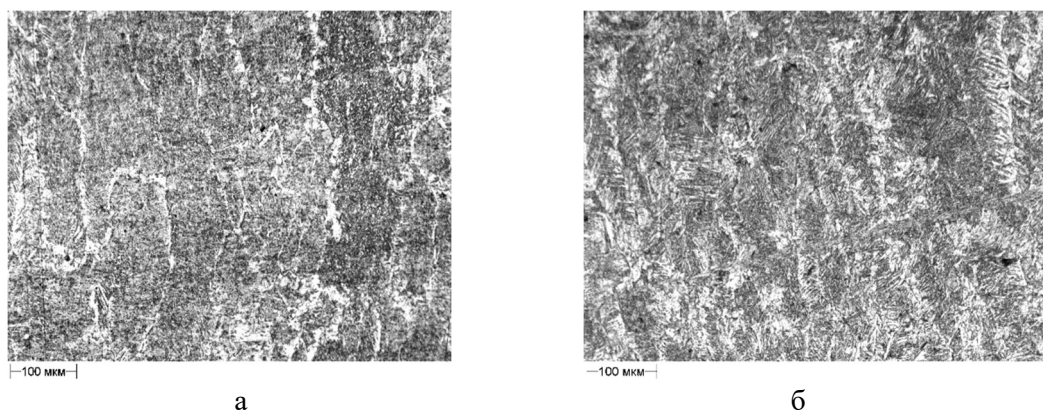


Рисунок 2 – Микроструктуры наплавленных валиков, $\times 500$:
 а – образец контрольный; б – образец с добавкой «L-cast»

Микроструктура наплавленных валиков представляет собой перлитные зерна, окруженные оболочкой феррита. Следует отметить, что величина зерна наплавленного валика, полученного электродом без добавки, составляет от 200 до 300 мкм. Металл наплавленных валиков, полученных электродом с добавками модификаторов «L-cast», имеет более дисперсную структуру. Величина зерна наплавленного валика, модифицированного добавкой «L-cast», составляет от 50 до 150 мкм, а «МС» – от 100 до 200 мкм.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований установлено, что добавка в покрытие отсева модификатора L-cast уменьшила глубину проплавления, увеличила ширину шва, высоту выпуклости и ЗТВ, а добавка отсева модификатора «МС» увеличила глубину проплавления наплавленного валика по сравнению с контрольным на 8,9 мкм, а ширину шва, высоту выпуклости и ширину ЗТВ уменьшила.

2. Показано, что ввод в покрытие отсева модификаторов измельчил структуру от 200–300 мкм до 50–200 мкм и изменил морфологию зерна металла шва.

Охрана труда и промышленная безопасность

Требования охраны труда при работах на открытом воздухе при повышенных температурах

Студентка гр.10904114: Есипович Д.А.

Научный руководитель: Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Каждый год регистрируется несчастные случаи на рабочем месте (в основном, в сфере строительства и общественных работ), причиной которых, с большой долей вероятности, стал тепловой удар.

Очевиден тот факт, что интенсивная физическая работа в жару может иметь трагические последствия, в том числе и для молодых людей. С помощью анкетирования удалось собрать более полную информацию о несчастных случаях. Проводили опрос в региональных комитетах, среди врачей-консультантов и производственных врачей в сфере строительства и общественных работ. Были изучены 9 несчастных случаев, 3 из которых – со смертельным исходом – напрямую связаны с климатическими условиями. На работе тоже было очень жарко.

Вопрос о тепловом комфорте встает каждый год. «Комфортная» рабочая обстановка действительно уменьшает риск для здоровья человека. Именно вне «зоны комфорта» работник сначала чувствует какое-то недомогание, а затем подвергает себя риску. Человек – существо гомойотермное (температура тела должна оставаться постоянной, несмотря на окружающие условия) – под влиянием некоторых факторов может стать гипертермичным. Эти факторы, какого бы плана они не были (индивидуального или организационного), должны быть определены в регулирующих документах.

Тепловой комфорт – состояние, при котором человек удовлетворен окружающими его температурными условиями. На него оказывают влияние следующие факторы: индивидуальная переносимость жары (возраст, пол и т.д.), и выполняемая работа. Сотрудники НИИБ считают, что для разнорабочего, занятого тяжелым физическим трудом, комфортной является температура примерно 10 °С, для мастера же комфортная температура равна 24 °С. Температура воздуха, относительная влажность и скорость ветра составляют параметры тепловой обстановки, которые необходимо учитывать. Наиболее благоприятные условия теплового комфорта (определены стандартом Х35-203, Французская ассоциация стандартизации, 1995; СанПиН №33 от 30.04.2013, Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях) позволяют человеку работать в такой обстановке, которая представляет меньше риска для его здоровья и способствует улучшению нервной деятельности, повышению физической активности. Если «идеальная комфортная температура» не существует, можно найти оптимальный «механизм регулирования» окружающей среды для того, чтобы каждый человек мог находиться в комфортных для себя условиях, подбирая для этого и соответствующую одежду.

Если столбик термометра поднимается выше 30 °С, то день считается очень жарким. Необходимо быть осторожным. При температуре выше 33 °С риск увеличивается, как и при повышенной влажности воздуха (выше 70 %) или при ночной температуре выше 25 °С (отсутствие теплового комфорта ночью, а также плохой сон мешают организму восстановиться).

В такой ситуации важно понять, что нужно делать человеку, чтобы легче перенести жару. У людей, работающих на открытом воздухе, и особенно у тех, кто выполняет физическую работу, например, в сфере строительства и общественных работ (каменщики, кровельщики, рабочие по укладке битумных покрытий или во время кровельных работ), физиологические механизмы внутренней регуляции особенно напряжены, что представляет

большой риск. Повлиять на терморегуляцию также могут возраст, пол (женщины, особенно беременные, переносят жару хуже, чем мужчины), вес, режим питания, прием алкоголя или лекарств. Исходя из этих факторов, можно составить профили риска. Работник соответствует профилю, если у него упала производительность труда, снизилась концентрация внимания. Наконец, свои последствия имеет привычка, или акклиматизация к жаре.

В ответ на повторяющееся или длительное воздействие жары у человека непроизвольно развиваются способности к адаптации, которые позволяют ему легче переносить жару. Акклиматизация занимает 9–12 дней. Затем она снижается и, наконец, при прекращении воздействия исчезает совсем.

Тепловой удар – угроза жизни. При тепловом ударе температура тела превышает 40,6 °С, что представляет угрозу жизни. Первыми тревожными признаками являются головная боль, головокружение, рвота, чувство сильной усталости, сухая, покрасневшая и горячая кожа. Тепловой удар может привести к смерти или оставить серьезные неврологические последствия. Поэтому действовать нужно незамедлительно: вызвать скорую помощь, перенести пострадавшего в прохладное, хорошо проветриваемое место, раздеть или снять с него облегчающую одежду; чтобы снизить температуру, как можно большую поверхность тела полить водой или накрыть влажным бельем (постоянно его освежая). Если человек в сознании, в первый же момент оказания помощи дать ему выпить прохладной воды, если нет – придать его телу безопасное положение «лежа на боку».

Во избежание подобных ситуаций необходимо поставить вопрос о внедрении общих мер профилактики, которые охватывали бы как можно больше людей и основывались бы на общей схеме техники безопасности, закрепленной в регламентирующих документах. Речь идет об оценке опасности и риска, привлечении внимания к проблемам безопасности как можно большего количества людей, организации труда в целях снижения негативных последствий, информировании о рисках и мерах их предупреждения и обучении людей основам безопасности. При переносе этих принципов в различные сферы деятельности необходимо также учитывать специфику каждой конкретной профессии. Работодатель обязан создать сотруднику такие условия и так организовать труд, чтобы он был адаптирован к жаре. Работник же, в свою очередь, обязан соблюдать адекватные нормы поведения и соответствующую гигиену. При появлении первых же симптомов недомогания работник, не колеблясь, должен сообщить об этом окружающим его людям и врачу. Это необходимо как для него самого, так и для других людей.

Как правильно вести себя на работе в жаркую погоду?

- Ограничить, по мере возможности, физическую работу, перенести выполнение сложных задач на более позднее время.
- Механизировать погрузочно-разгрузочные работы.
- Предусмотреть, чтобы была питьевая вода, установив аппараты с водой рядом с рабочими местами.
- Создать зоны отдыха с кондиционером или обустроить их в тени.
- Сообщить сотрудникам о рисках, связанных с жарой, проинформировать их о первых мерах неотложной помощи.
- Предусмотреть наличие технических приспособлений, позволяющих снизить негативное воздействие жары (вентиляторы, пульверизаторы, шторы, наружные навесы).
- Избегать слишком высоких физических нагрузок.
- Сообщать о любых сбоях в работе, поломках, которые могут стать источником риска (например, поломка автомата по раздаче воды).
- Быть особенно осторожным при наличии проблем со здоровьем или при приеме лекарств (мочегонных, успокоительных средств, транквилизаторов), проконсультироваться с врачом.
- Не употреблять алкоголь.
- По возможности, меньше курить.

УДК 658.382.3:621.52
Охрана труда при эксплуатации компрессорной установки AtlasCopcoGA 55

Студент гр. 10904114: Логвинов Р.Д.
Научный руководитель: Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При работе на компрессорной установке возможны воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов: вращающиеся части оборудования, опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкания которых может пройти через тело человека, недостаток освещенности, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации, повышенное давление сжатого воздуха в ресивере, повышенное содержание в воздухе рабочей зоны пыли и вредных веществ, движущиеся машины, механизмы и их части.

Проведем сравнительный анализ поршневого и винтового компрессора. Можно сделать следующие выводы (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ поршневого и винтового компрессора

Параметры для сравнения	Поршневой	Винтовой
Температура воздушного потока	80–120 градусов	на 8–13 градусов выше окружающей среды
Уровень шума	80–95 дБ	65–70 дБ
Моторесурс	3–6 тыс. ч	30–40 тыс. ч
Система очистки воздуха	Не предусмотрена	Есть
Возможность круглосуточной работы	Нет	Да
Содержание масел в потоке воздуха	10–15 мг/м ³	2–3 мг/м ³
Соотношение объема всасываемого воздуха к потоку на выходе	50–70 %	95–99 %

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что винтовой компрессор, по многим параметрам, превосходит поршневой. Общие требования при работе с компрессорной установкой: к самостоятельной работе на компрессорной установке допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте. Также при работе на компрессорной установке необходимо: Выполнять только ту работу, которая определена рабочей инструкцией. Правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты. Немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления).

Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда. Перед началом работы на компрессорной установке AtlasCopcoGA 55 необходимо надеть и тщательно застегнуть установленную по действующим нормам специальную одежду и технологическую обувь в соответствии с характером предстоящей работы. Используемую спецодежду необходимо привести в порядок: рукава застегнуть, одежду заправить так, чтобы не было свисающих концов, волосы убрать под плотно прилегающий головной убор или маску. Убедиться в нали-

чи и исправности щитков, ограждающих движущиеся части механизмов компрессора, проверить исправность всех его манометров и предохранительных клапанов. Проверить наличие и уровень масла в редукторе и воздушных фильтрах компрессора, а также наличие и исправность защитного заземления.

Рабочий инструмент и приспособления, вспомогательный материал разложить в удобном и безопасном порядке. Во время работы компрессора необходимо следить за работой компрессора и показаниями приборов, контролировать исправность работы всех его механизмов. Также необходимо следить за давлением в пневмосистеме компрессора. Не допускать в пневмосистеме компрессора давления, величина которого превышает паспортные данные.

По окончании работы необходимо продуть ресивер, отключить компрессор, закрыть раздаточные краны, выключить электродвигатель, запереть пусковой рубильник на замок. Очистить и смазать трущиеся части механизмов, собрать шланги, очистить их от загрязнений и уложить в отведенное для хранения место. Привести в порядок рабочее место. Убрать инструмент и приспособления в отведенное для них место. Снять спецодежду, осмотреть, вычистить и убрать в специально отведённое место. Использованную ветошь, обтирочные материалы убрать в специальные металлические контейнеры. Тщательно вымыть руки и лицо теплой водой с мылом. Об окончании работы и всех замечаниях, недостатках доложить непосредственному руководителю для принятия мер по их устранению.

УДК 614.845

Техническое обслуживание огнетушителей

Студент гр. 10904114: Макаревич В.И.

Научный руководитель: Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Огнетушители, введенные в эксплуатацию, подвергаются техническому обслуживанию, согласно НПБ 1–2005. «Пожарная техника. Огнетушители переносные», которое обеспечивает поддержание огнетушителей в постоянной готовности к использованию и надежную работу всех узлов огнетушителя в течение всего срока эксплуатации. Техническое обслуживание включает в себя периодические проверки, осмотры, ремонт, испытания и перезарядку огнетушителей.

Перед введением огнетушителя в эксплуатацию он подвергается первоначальной проверке, в процессе которой производят внешний осмотр, проверяют комплектацию огнетушителя и состояние места его установки (заметность огнетушителя или указателя места его установки, возможность свободного подхода к нему), а также читаемость и доходчивость инструкции по работе с огнетушителем. В ходе проведения внешнего осмотра обращают внимание на: наличие вмятин, сколов, глубоких царапин на корпусе, узлах управления, гайках и головке огнетушителя; состояние защитных и лакокрасочных покрытий; наличие четкой и понятной инструкции; наличие опломбированного предохранительного устройства; исправность манометра или индикатора давления (если он предусмотрен конструкцией огнетушителя), наличие необходимого клейма и величину давления в огнетушителе закачного типа или в газовом баллоне; массу огнетушителя, а также массу ОТВ в огнетушителе (последнюю определяют расчетным путем); состояние гибкого шланга (при его наличии) и распылителя ОТВ (наличие механических повреждений, следов коррозии, препятствующих свободному выходу ОТВ из огнетушителя); состояние ходовой части и надежность крепления корпуса огнетушителя на тележке (для передвижного огнетушителя), на стене или в пожарном

шкафу (для переносного огнетушителя). По результатам проверки делают необходимые отметки в паспорте огнетушителя, ему присваивают порядковый номер, который наносят на огнетушитель и записывают в журнал учета огнетушителей.

Квартальные и ежегодные проверки включают в себя осмотр места установки огнетушителя и подходов к нему, а также проведение внешнего осмотра огнетушителя (как при вводе в эксплуатацию).

При повышенной пожарной опасности объекта (помещения категории А и Б) или при воздействии на огнетушители таких неблагоприятных факторов, как близкая к предельному значению положительная (свыше 40 °С) или отрицательная (ниже минус 40 °С) температура окружающей среды, влажность воздуха более 90 % (при 25 °С), коррозионно-активная среда, воздействие вибрации и т.д., проверка огнетушителей и контроль ОТВ проводятся не реже одного раза в 6 месяцев.

В процессе ежегодной проверки контролируют величину утечки вытесняющего газа из газового баллона или ОТВ из газового огнетушителя. Производят вскрытие огнетушителей (полное или выборочное), оценку состояния фильтров, проверку параметров ОТВ и, если они не соответствуют требованиям соответствующих нормативных документов, перезарядку огнетушителей. Если в ходе проверки обнаружено несоответствие какого-либо параметра огнетушителя требованиям действующих нормативных документов, немедленно устраняют причины выявленных отклонений параметров и перезаряжают огнетушители. Если величина утечки за год вытесняющего газа или ОТВ из газового огнетушителя превышает предельные значения, такие огнетушители выводятся из эксплуатации и отправляются в ремонт и на перезарядку.

В соответствии с ТКП 295–2011 (02300) «Перезарядка огнетушителей», не реже одного раза в 5 лет каждый огнетушитель и баллон с вытесняющим газом разряжаются, корпус огнетушителя полностью очищается от остатков ОТВ, производится внешний и внутренний осмотр, а также гидравлическое испытание на прочность и пневматические испытания на герметичность корпуса огнетушителя, пусковой головки, шланга и запорного устройства. Все огнетушители перезаряжаются сразу после применения или если величина утечки газового ОТВ или вытесняющего газа за год превышает допустимое значение.

Порошковые огнетушители при ежегодном техническом осмотре выборочно (не менее 3 % от общего количества огнетушителей одной марки) разбирают, и производят проверку основных эксплуатационных параметров огнетушащего порошка (внешний вид, наличие комков или посторонних предметов, сыпучесть при пересыпании рукой, возможность разрушения небольших комков до пылевидного состояния при их падении с высоты 20 см, содержание влаги и дисперсность). В том случае, если хотя бы по одному из параметров порошок не удовлетворяет требованиям нормативной и технической документации, все огнетушители данной марки подлежат перезарядке.

Порошковые огнетушители, используемые для защиты транспортных средств, обязательно проверяются в полном объеме с интервалом не реже одного раза в год. Порошковые огнетушители, установленные на транспортных средствах вне кабины или салона и подвергающиеся воздействию неблагоприятных климатических и (или) физических факторов, перезаряжаются также не реже одного раза в год. Остальные огнетушители, установленные на транспортных средствах, не реже одного раза в два года.

О проведенных проверках и испытаниях делается отметка на огнетушителе, в его паспорте и в журнале учета огнетушителей. О проведенной перезарядке огнетушителя делается соответствующая отметка на корпусе огнетушителя (при помощи этикетки или бирки, прикрепленной к огнетушителю), а также в его паспорте.

Огнетушители, отправленные с предприятия на перезарядку, заменяются соответствующим количеством заряженных огнетушителей.

Техника безопасности при эксплуатации аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ)

Студент гр. 11307114: Белый П.Ю.
Научный руководитель: Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Эксплуатация и техническое обслуживание аппаратов искусственной вентиляции легких, ингаляционного наркоза и кислородной терапии производятся в соответствии с инструкциями по эксплуатации (паспортами), прилагаемыми этим аппаратам.

При вводе в эксплуатацию любой аппарат необходимо проверить на комплектность, очистить от пыли, талька и собрать согласно монтажной схеме (паспорту), прочно присоединить редукторы и шланги и другие детали.

Перед присоединением редуктора к баллону рекомендуется на очень краткое время открыть его вентиль для продувки штуцера вентиля. При этом следует следить, чтобы струя газа не попала кому-нибудь в лицо. Затем, медленно открывая вентиль кислородного баллона, убедиться по манометру ингалятора или редуктора о наличии кислорода в баллоне (баллонах). После пуска в магистраль газа необходимо проверить герметичность всех резьбовых соединений кислородной системы на слух по шипящему звуку.

Для проведения искусственного дыхания к переходнику масок нужно присоединить маску нужного размера. При необходимости в рот больному вставить языкодержатель. Включив аппарат, надеть маску на лицо и закрепить ее оголовьем, установить с помощью регулятора нужную частоту дыхания. Следует помнить, что малейшая негерметичность системы, соединяющей аппарат с легкими пациента (например, слабое прилегание маски к его лицу и т.п.), может привести к прекращению работы аппарата, а самопроизвольное повышение частоты дыхательных актов в период функционирования аппарата почти всегда является следствием закупорки дыхательных путей больного.

Кнопка дыхательного аппарата во время его работы должна постоянно находиться в движении. Верхнее положение ее соответствует акту вдоха, а нижнее – акту выдоха. Искусственное удержание кнопки в верхнем положении приводит к длительному вдоху, причем давление в легких при этом повышается до 20–23 мм рт. ст.

В процессе аспирации необходимо следить за количеством жидкости и не переполнять стакан во избежание ее засасывания в диффузор и засорения сопла. Необходимо помнить, что при аспирации расходуется кислород. Поэтому в целях экономии не следует допускать бесполезной его утечки.

Перед началом работы аппарат должен быть установлен в удобное для эксплуатации положение, маски должны быть продезинфицированы.

Каждый аппарат всегда должен быть готов к применению. Для этого после окончания работы с ним необходимо: аккуратно промыть маски и резиновые трубки в теплой мыльной воде и прополоскать их; тщательно протереть загрязненные места всего аппарата; продезинфицировать элементы аппарата 6 % раствором перекиси медицинского водорода.

Допускается элементы кислородных аппаратов обрабатывать 5 % раствором лизола марки А или 3 % раствором хлорамина Б. Общая длительность обработки аппарата лизолом и хлорамином, не нарушающая функциональных свойств аппаратуры, не должна превышать 10 ч. Исключение составляют резиновые изделия (оголовья, маски, гофрированные трубки и латексные мешки), дезинфекцию которых допускается проводить 1 % раствором перекиси водорода с добавлением 0,5 % раствора моющего средства (типа порошка «Новость»). Следует иметь в виду, что после обработки раствором

лизола детали аппарата приобретают стойкий раздражающий запах, а лакокрасочные покрытия изменяют цвет и тускнеют. После дезинфекции все элементы аппарата следует тщательно промыть и высушить.

Техническое обслуживание аппаратов искусственной вентиляции легких, ингаляционного наркоза и ингаляционной кислородной терапии осуществляется в объеме, указанном в прилагаемых к аппарату инструкциях (паспортах). В частности, через каждые (100 ± 10) ч работы проводят проверку: внешнего состояния отдельных деталей; герметичности баллонов с вентилями; герметичности клапанов вдоха и выдоха; герметичности систем легочного автомата.

Барокамеры должны подвергаться внешнему и внутреннему осмотру, техническому освидетельствованию и пневматическим испытаниям, которые проводятся в следующих случаях:

- перед пуском в эксплуатацию (при изъятии из неприкосновенного запаса);
- периодически в процессе эксплуатации;
- досрочно (после проведения планового ремонта или по результатам профилактического осмотра).

Пневматические испытания при техническом освидетельствовании разрешается не проводить, если с момента проведения таких испытаний на заводе-изготовителе прошло менее 12 мес. и барокамера не получила повреждений во время транспортирования.

Сроки проведения периодических технических освидетельствований находящихся в эксплуатации барокамер, объем и методика контроля их состояния, а также величина пробного давления указываются в паспорте завода-изготовителя на барокамеру.

Проверка технического состояния и герметичности всех узлов и систем барокамеры при рабочем давлении проводится:

- каждый раз после транспортирования;
- один раз в неделю.

Объем и последовательность проведения проверки барокамеры в рабочем состоянии регламентируются инструкцией по эксплуатации. Проверку барокамеры в рабочем состоянии проводит лицо, ответственное за ее исправное техническое состояние и специально обученное, а результаты проверки заносятся в журнал или формуляр.

Пневматические испытания проводятся после удовлетворительных результатов внешнего и внутреннего осмотра пробным давлением азота или другого инертного газа при температуре воздуха не ниже $+15$ °С с соблюдением мер безопасности.

Средства измерений, находящиеся на аппаратуре для получения, хранения, транспортирования и использования медицинского кислорода, подлежат обязательной поверке в установленные сроки. Манометры, установленные на аппаратах искусственной вентиляции легких, кислородных ингаляторах типа КИ-3М, КИ-4, кислородных насосах и редукторах, находящиеся в эксплуатации, проверяются один раз в два года. Средства измерений, находящиеся на длительном хранении, подлежат проверке и испытанию один раз в пять лет.

Элементы кислородного оборудования, наркозно-дыхательные аппараты, аппараты искусственной вентиляции легких и ингаляционной кислородной терапии, шланги и средства измерений необходимо обезжиривать периодически в процессе эксплуатации и после ремонтных работ. Установлены технологические нормы процессов обезжиривания (ОСТ 26-04-312-71), которые являются основой для разработки инструкций по обезжириванию конкретного оборудования для хранения, транспортирования и использования газообразного и жидкого кислорода. Обязательному обезжириванию должны подвергаться законсервированные жировыми смазками изделия и детали, входящие в комплект аппаратуры, а также контрольно-измерительные приборы, арматура и прокладки, применяемые при монтаже сосудов с жидким кислородом и газифицирующих установок.

Студент гр. 11307114: Бородин В.А.

Научный руководитель: Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В стоматологических поликлиниках, отделениях, кабинетах (далее – кабинеты) должны соблюдаться требования: Санитарных правил и норм 10–64 РБ «Гигиенические требования к производству, качеству и безопасности средств полости рта». Работники кабинета должны быть обучены безопасным методам и приемам выполнения работ, проведен им вводный инструктаж по охране труда и инструктаж по охране труда на рабочем месте, при необходимости пройти стажировку на рабочем месте и проверку знаний по охране труда. Повторный инструктаж по охране труда должен проводиться в сроки не реже одного раза в шесть месяцев. Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата проводятся регулярное в течение рабочего дня проветривание и ежедневная влажная уборка помещений, используются увлажнители воздуха. Периодически, не реже одного раза в месяц, должна проводиться генеральная уборка с мытьем стен, полов, дверей, подоконников, внутренней стороны окон. При работе в кабинетах должен быть обеспечен доступ работников к первичным средствам пожаротушения, аптечкам первой медицинской помощи. Работник должен знать перечень медикаментов, входящих в аптечку первой медицинской помощи, знать ее местонахождение, уметь пользоваться средствами пожаротушения. Размещать электрическое стоматологическое оборудование, приборы необходимо на защищенном от света и отопительных приборов месте, с постоянной температурой и влажностью воздуха, работающей вентиляцией, вдали от пыли, химикатов, источников попадания воды. Медицинский персонал при работе в кабинетах с учетом воздействующих на него опасных и вредных производственных факторов должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ), в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты, утвержденными Постановлением Министерства труда и социальной защиты от 01.09.2008 г. за № 129.

Таблица 1 – Нормы бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты

№ п/п	Наименование
При занятости врачом–стоматологом:	
1	Фартук ПВХ с нагрудником Бм – до износа
2	Нарукавники ПВХ Бм – до износа
3	Перчатки медицинские (перчатки хирургические) – до износа
4	Очки защитные О или щиток защитный лицевой НБХ – до износа
5	Респиратор – до износа
6	Маска медицинская – до износа
При занятости медицинской сестрой:	
1	Перчатки медицинские Бм – до износа
2	Маска медицинская – до износа
3	Туфли кожаные Ми – 24 мес., или тапочки кожаные Ми– 12 мес.
При работе с дезинфицирующими средствами дополнительно:	
1	Фартук ПВХ с нагрудником Бм – до износа
2	Нарукавники ПВХ Бм – до износа
3	Очки защитные О или щиток защитный лицевой НБХ – до износа
4	Респиратор – до износа

При выполнении работы в стоматологических кабинетах работник обязан работать только в специальной медицинской одежде, строго соблюдать правила личной гигиены, после выполнения каждого вида работ и после посещения каждого пациента мыть руки теплой водой с мылом, тщательно просушивать кожу рук после мытья сухим индивидуальным полотенцем. Не допускать попадания на открытые поверхности кожи лекарственных аллергенов (антибиотиков, новокаина, полимеров, гипса и другого). Для мытья рук запрещается применять легковоспламеняющиеся вещества и другие жидкости. Работающий в кабинете обязан выполнять работу, обусловленную трудовым договором, оказывать содействие и сотрудничать с нанимателем в деле обеспечения здоровых и безопасных условий труда, немедленно извещать своего непосредственного руководителя или иное должностное лицо о неисправности оборудования, инструмента, приспособлений, средств защиты, об ухудшении своего здоровья. Работающий в стоматологическом кабинете во время работы обязан: в течение всего рабочего времени содержать в порядке и чистоте рабочее место, отходы собирать в специальные емкости; держать открытыми вентиляционные отверстия, следить за чистотой воздуха рабочей зоны, при проветривании не допускать сквозняков; использовать технологическое оборудование, приспособление и инструмент строго по их назначению и требованиям технической эксплуатации, изложенным в их технических паспортах, инструкциях по эксплуатации организаций–изготовителей данного оборудования; соблюдать требования безопасного обращения с расходными материалами. Уровень освещенности рабочего места работника, создаваемый местным источником, не должен превышать уровень общего освещения более чем в 10 раз. Светильники местного и общего освещения должны иметь соответствующую защитную арматуру, предохраняющую органы зрения работников от слепящего действия ламп. По окончании работы работающий кабинета должен: отключить электрооборудование, приборы, через питающий кабель от сети и перевести их в режим требований инструкций по эксплуатации; убрать инструменты, приспособления и материалы в места их хранения; привести в порядок рабочее место. Работник стоматологического кабинета должен прекратить выполнение работ и обесточить электрооборудование, аппараты, приборы: при обнаружении обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждениях стоматологического оборудования, аппаратов, приборов; в случае разлива ртути; в случае короткого замыкания электрооборудования и его возгорания; при возникновении пожара или несчастного случая. При разливе ртути необходимо немедленно сообщить заведующему кабинета и выполнять работы согласно Инструкции по демеркуризации ртути. 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 недопустимо. Выключить приточно-вытяжную вентиляцию, немедленно сообщить о пожаре заведующему кабинета 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. 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 или ответственному (должностному) лицу, обеспечить до начала расследования сохранность обстановки, если это не представляет опасности для жизни и здоровья людей.

**Влияние на безопасность труда индивидуальных качеств,
характера и темперамента работника**

Студенты гр.10103114: Коваленко И.Н., Матарас Т.Д.

Научный руководитель: Кот Т.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Безопасность труда в значительной степени определяется индивидуальными качествами работника, типом характера и темпераментом. Среди индивидуальных, как наиболее значимые, выделяют производственные, социальные и психофизиологические качества.

Определяющими производственными качествами работника являются стаж и опыт работы. По мере увеличения трудового стажа и приобретения опыта работы происходит приспособление работника к опасности объекта, что существенно повышает безопасность труда.

Основными социальными качествами работника, которые необходимо учитывать при создании безопасных условий труда, являются: уровень общения, уровень образования и культуры, состояние здоровья, уровень удовлетворенности своим трудом, отношение к работе, контакты с коллегами, руководством [1].

В процессе труда работник является составной частью производственного коллектива. Поэтому создание благоприятного социального и морального климата в коллективе, психологическая совместимость всех его членов – залог успешного решения не только производственных задач, но и обеспечения безопасности труда. На психологический климат в трудовом коллективе большое влияние оказывают отношения между членами коллектива, особенно между подчиненными и руководителем. Формы руководства при этом играют исключительно важную роль. Авторитет руководителя усиливается, если его указания выполняются не через административное подчинение, а вследствие осознания подчиненными их правильности. Основная задача руководителя заключается в формировании мотивов, которые заставляют работника выполнять правила безопасности не потому, что так требует руководитель, а потому, что таково собственное желание, психологическая установка на безопасную работу. Эта установка достигается улучшением психологического климата, привлечением работников к контролю за безопасностью труда, воспитательной работой, личным примером самих руководителей.

Психофизиологические качества работника проявляются в чувствительности к сигналам опасности, скоростных возможностях реагировать на такие сигналы, в эмоциональных реакциях на опасность, в оценке опасной ситуации и реагировании на нее. Среди психофизиологических качеств, положительно влияющих на безопасность труда, следует выделить: способность к быстрой концентрации внимания, аккуратность, осторожность, внимательность, наблюдательность, сообразительность, ответственность, самокритичность и др. [2].

Важную роль в обеспечении безопасности работника играет его характер, под которым понимается совокупность индивидуально-психологических свойств, проявляющихся в типичных для данной личности способах действия при определенных обстоятельствах, а также своеобразным отношением личности к этим обстоятельствам [3].

Среди характерологических особенностей, связанных с подверженностью травматизму, чаще всего выделяют: агрессивность, чрезмерную самоуверенность, неуважение и недостаточную чувствительность к другим людям, выраженную способность к сочувствию и переживанию, слабую дисциплинированность, тревожность, нерешительность, чрезмерную замкнутость или, напротив, общительность, независимость, критичность, гиперответственность, склонность к риску.

Многие из перечисленных качеств полярны. Невозможно представить человека, который обладал бы одновременно всеми этими качествами. Эти качества оказываются

связанными с подверженностью травматизму, когда сила (слабость) их проявлений выходит за среднестатистические рамки [4].

Темперамент людей, так же, как и характер, влияет на безопасность труда. Согласно общепринятой дифференциации по темпераменту выделяются холерики, меланхолики, флегматики и сангвиники.

Существует ряд особенностей темперамента, обусловленных нервной системой и обеспечивающих способность работника успешно действовать в ситуации опасности. Так, сила нервной системы обеспечивает способность к длительной, активной работе и противодействие утомлению, а также способность к экстренной мобилизации и успешным действиям в аварийной ситуации. А такие важные для безопасности труда особенности деятельности, как переключение внимания, быстрое реагирование на сигналы зависят от подвижности и уравновешенности нервных процессов.

Явная выраженность импульсивности, характерная для холериков, отрицательно отражается на успешности деятельности. Сходным образом влияет на деятельность повышенная эмоциональная возбудимость.

С низким уровнем успешности связаны крайние формы проявления тревожности, присущие меланхолическому темпераменту. Рассматриваемое свойство связано с неустойчивостью человека к психологическому стрессу.

Отмеченные особенности темперамента характеризуют эмоциональную сферу психики и имеют непосредственное отношение к возникновению и протеканию состояний, влияющих на безопасность труда.

Существенное значение свойств темперамента в сфере безопасности труда требует учитывать их как при приеме на работу, так и в процессе проведения индивидуальной работы с работниками. В первом случае речь идет о профессиональном отборе, когда крайние характеристики свойств ставят вопрос о профессиональной непригодности некоторых лиц. Во втором случае речь идет о корректирующей работе, направленной на ограничение негативных тенденций в деятельности некоторых работников.

Список использованных источников

1. Пряжников, Н.С. Психология труда и человеческого достоинства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.С. Пряжников, Е.Ю. Пряжникова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

2. Психофизиологические свойства человека – основа безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.org/12-2189.html>.

3. Власов, Л.А. Психология безопасности труда / Л.А. Власов. – М.: Военмех, 2003. – 161 с.

4. Психология безопасности труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://psyera.ru/5391/psihologiya-bezopasnosti-truda>.

УДК 331.45

Аэроионизация и ее воздействие на человека

Студенты гр.10103114: Коваленко И.Н.¹, гр.12от Юнцевич А.Ф.²
Научные руководители – Кот Т.П.¹, Абметко О.В.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

Большую часть времени в течение жизни современный человек проводит в помещениях и вынужден дышать внутренним воздухом. Комфортность и безопасность его пребывания в таких условиях обеспечивается качественными показателями воздушной среды: температурой, влажностью, подвижностью, барометрическим давлением, нали-

чием или отсутствием химических загрязнителей, пыли, микроорганизмов. Немаловажную роль на самочувствие и здоровье человека оказывает и электрическая характеристика воздушной среды.

Электрическая характеристика воздушной среды определяется ионным режимом помещений, т. е. концентрацией положительных и отрицательных аэроионов.

Процесс образования аэроионов (аэроионизация) происходит следующим образом: под действием внешнего фактора молекуле или атому газа сообщается энергия, необходимая для удаления одного электрона из ядра. Нейтральный атом становится положительно заряженным, а образовавшийся свободный электрон присоединяется к одному из нейтральных атомов, передавая ему отрицательный заряд и образуя отрицательный аэроион. К таким положительно и отрицательно заряженным аэроионам в доли секунды присоединяется определенное число молекул и газов, входящих в состав воздуха. В результате образуются комплексы молекул, называемые лёгкими и тяжелыми аэроионами. Легче всего образуются отрицательные аэроионы кислорода, т.к. периферическая оболочка кислорода имеет 6 электронов и стремится приобрести устойчивость путем присоединения двух экзогенных электронов, а это определяет превращение нейтральной молекулы данного газа в отрицательный аэроион молекулярных размеров. Отрицательные аэроионы представлены преимущественно кислородом, а положительные образуются из углекислого газа, если он лишается одного из валентных электронов.

Аэроионы в воздухе могут образовываться вследствие естественной, технологической и искусственной ионизации. Естественная ионизация происходит в результате воздействия на воздушную среду космических излучений и частиц, выбрасываемых радиоактивными веществами при их распаде. Технологическая ионизация происходит при воздействии на воздушную среду радиоактивного, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, термоэмиссии, фотоэффекта и других ионизирующих факторов, обусловленных технологическими процессами. Искусственная ионизация осуществляется специальными установками – ионизаторами, обеспечивающими в ограниченном объеме воздушной среды заданную концентрацию ионов определенной полярности (заряда).

Особенность биологического действия аэроионизации зависит от количества аэроионов, их спектра и дозы, под которой понимают суммарное количество элементарных электрических зарядов, вдыхаемых на протяжении данного отрезка времени. Связь между дозой аэроионов и получаемым биологическим эффектом не является прямой. Аэроионизация подчиняется правилу Арндта–Шульца: слабые дозы побуждают живые организмы к деятельности, средние – стимулируют и ускоряют физические процессы, сильные – их затормаживают, еще более сильные – угнетают.

Существует два пути влияния аэроионов на организм человека – через легкие и кожу. В легких, наряду с газовым и водным обменом, происходит обмен электрических зарядов между альвеолярным воздухом и кровью. При этом частицы крови заряжаются, а затем уносятся по кровеносному руслу к органам. Там они отдают свой заряд, пополняя тем самым естественные электрические ресурсы различных тканей организма. Таким путем между электрическими системами организма и электрической системой воздуха происходит непрерывный обмен электрическими зарядами [1].

Положительные аэроионы угнетают окислительно-восстановительные процессы в тканях и защитные силы организма. Их переизбыток в воздухе приводит к дистрофии и атрофии органов и тканей, нарушает белковый, углеводный и водный обмены веществ, способствует преждевременному старению организма, предрасполагает к различным заболеваниям дыхательных путей, центральной и периферической нервной системы, эндокринных желез, снижает способность к восстановлению сил и устойчивость к инфекциям, аллергии, снижает скорость зрительных и слуховых реакций, умственную и физическую работоспособность [2, 3].

Особенно высокая их концентрация отмечается около экранов телевизоров, мониторов компьютеров. И только мощный поток отрицательных аэроионов может нейтрализовать положительный ионный смог.

Отрицательные аэроионы кислорода обеспечивают стабильное состояние клеток организма и предотвращают их электроразрядку, благотворно влияют на работу нервной системы, кровяное давление, тканевое дыхание, обмен веществ, температуру тела, кровотока. При их воздействии изменяются физико-химические свойства крови, содержание сахара в крови, электрокинетический потенциал эритроцитов, митогенетический режим тканей. Такая универсальность физиологического действия аэроионов кислорода объясняет тем, что они влияют на основные электрообменные и физико-химические процессы, нормализуя их интенсивность [4].

Особенно контрастным является различие в действии отрицательных и положительных аэроионов на психоэмоциональное состояние человека. В душных непроветриваемых помещениях, характеризующихся избытком положительных и недостатком отрицательных аэроионов, человек испытывает различного рода дискомфортные состояния: вялость, усталость, головную боль, слабость, головокружение, ослабление памяти и др. Это приводит к недомоганию, способствует падению защитных сил организма и предрасполагает к его преждевременному изнашиванию и старению.

Список использованных источников

1. Скипетров, В.П. Аэроионы и жизнь / В.П. Скипетров // Изд. 3-е, перераб. и доп. – Саранск: Типограф. «Красный Октябрь», 2005. – 136 с.
2. Kruger, A.P. On air ions and your health? Mood and efficiency / A.P. Kruger // Executive health. – 1980. – V.XVII. – № 2. – PP.1–4.
3. Шевченко, А. Аэроионы и их роль для жизни и здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dolgo-zivi.ru/aeroionyi-i-ih-rol-dlya-zhizni-i-zdorovya>.
4. Сагитова, С. В. Влияние отрицательно заряженных аэроионов на здоровье человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://assgard.ru/biblioteka/doklady-magistrov-rejki-iggdrasil/magistry-2015/sagitova-svetlana-vladimirovna.-vliyanie-otricatelno-zaryazhennyh-aeroionov-na-zdorove-cheloveka>.

УДК 331.45

Особенности применения ионизаторов воздуха

Студенты гр. 10103114: Матарас Т.Д.¹, гр. 12от Юнцевич А.Ф.²
Научные руководители: Кот Т.П.¹, Абметко О.В.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

Среди широкого круга вопросов, касающихся создания здоровых условий для нормальной жизнедеятельности человека, весьма актуальна проблема качественного воздуха. Для получения качественного воздуха необходимо насыщать его аэроионами, и прежде всего отрицательными. Они обеспечивают оптимальную активность иммунной системы, а, следовательно, здоровье, высокое качество и продолжительность жизни человека.

В настоящее время для получения аэроионов используются специальные приборы – ионизаторы воздуха. В зависимости от типа ионизаторы могут обогащать воздух либо только отрицательно заряженными ионами, либо отрицательными и положительными одновременно.

В современных ионизаторах воздуха выработка аэроионов происходит за счет процесса ионизации, который осуществляется по следующим механизмам:

гидроионизация – образование отрицательно заряженного иона кислорода происходит за счет перехода молекул воды из жидкого в газообразное агрегатное состояние, в ходе которого H_2O распадается на положительные и отрицательные гидроионы;

столкновительная ионизация – образование отрицательно заряженного иона кислорода происходит при соударении нейтральной молекулы кислорода с электронами, атомами и другими ионами;

фотоионизация – образование отрицательного иона кислорода происходит при столкновении нейтрального атома с фотоном света;

термическая ионизация – образование отрицательных ионов происходит за счет многочисленных столкновений движущихся элементарных частиц, спровоцированных высокой температурой [1].

Любой механизм ионизации кислорода пригоден для получения и обогащения воздуха аэроионами.

В зависимости от механизма действия ионизаторы подразделяют на следующие типы:

гидроионизатор – прибор вырабатывает озон, который, сталкиваясь с водой, образует гидроперекись и отрицательно заряженную молекулу кислорода;

коронноразрядный ионизатор – прибор выдает мощные разряды электричества, подобные молниям, в результате которых в окружающую среду выделяется большое количество свободных электронов. Эти электроны соединяются с молекулами кислорода, образуя отрицательные аэроионы;

плазменный ионизатор – прибор обеспечивает горение спирта в металлическом сосуде, к которому присоединен источник напряжения. В ходе горения образуется кислород, а источник напряжения выдает электроны, которые присоединяются к молекуле O_2 , делая ее отрицательно заряженным аэроионом;

термический ионизатор – прибор накаливает проволоку, вызывая вылет свободных электронов, которые соединяются с кислородом воздуха, образуя аэроионы;

ионизатор на радиоактивном и ультрафиолетовом излучении – прибор выдает поток активных частиц, которые, сталкиваясь с кислородом воздуха, отдают ему электроны и делают молекулу отрицательно заряженным аэроионом;

электроэфлювиальный ионизатор (люстра Чижевского) – прибор имеет острые иглы, на которые подается высокое напряжение, вследствие чего с кончиков игл стекают свободные электроны. Эти электроны соединяются с молекулами кислорода и образуют отрицательно заряженные аэроионы [1].

Для искусственного насыщения отрицательными аэроионами воздуха помещений наилучшим образом подходят электроэфлювиальные ионизаторы, поскольку они безопасны, не выделяют вредный для человека озон, гидроперекись, радиоактивные частицы и т.д. Также достаточно эффективны коронные ионизаторы, но их следует применять с осторожностью, так как в этих приборах может образовываться большое количество озона. Остальные виды ионизаторов непригодны для применения в квартирах, домах, офисах и производственных помещениях, где находятся люди, поскольку помимо полезных аэроионов производят большое количество других, крайне вредных веществ. Именно поэтому термические, плазменные, ультрафиолетовые, радиоактивные и другие виды ионизаторов нашли применение исключительно в промышленности.

Кроме того, ионизаторы подразделяются на два типа в зависимости от того, какие виды аэроионов они способны генерировать: униполярные ионизаторы – вырабатывают только отрицательно заряженные аэроионы; биполярные ионизаторы – вырабатывают и отрицательно, и положительно заряженные аэроионы [2].

Униполярные и биполярные ионизаторы имеют разную сферу применения. Так, в норме в воздухе должны быть и положительно, и отрицательно заряженные ионы, но в современных помещениях, как правило, наблюдается переизбыток положительных и дефицит отрицательных. Такая ситуация складывается из-за широкого использования

электроприборов (телевизоры, компьютеры, мобильные телефоны и т.д.), которые насыщают воздух положительными ионами. Поэтому в помещениях, где работает любая электротехника, следует применять униполярные ионизаторы.

При неправильном использовании ионизаторы могут представлять определенную угрозу для здоровья.

Отдельные виды ионизаторов являются источниками повышенного электромагнитного излучения.

При использовании ионизатора в помещениях с низкой влажностью воздуха отмечается повышение напряжения статического электричества. Это может привести к возникновению мелких разрядов при контакте с людьми или металлическими предметами.

Ионизаторы могут создавать озон в концентрациях, превышающих допустимые.

При длительной работе ионизатора создаваемый электрический заряд передается всем частицам в помещении, из-за чего они притягиваются к поверхностям (мебель, стены, пол, одежда). Эти частицы оседают в виде пыли, особенно вокруг самого ионизатора. Ионизированный воздух в запыленном помещении ускоряет процесс попадания пыли в легкие, что может привести к развитию ряда заболеваний. Например, использование прибора в плохо проветриваемом помещении с большим скоплением людей может привести к обострению астмы или аллергии.

Список использованных источников

1. Чижевский, А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве/ А.Л. Чижевский // М: Стройиздат, 1989. – 487 с.

2. Ионизаторы воздуха, устройство и компоненты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tiensmed.ru/news/ionizator-vozduha-ab1.html>.

УДК 621.74:658.34

Условия труда работающих в гальванических цехах

Студенты гр. 10404116: Телешова Е.В., Прищепчик Н.И.
Научный руководитель: Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Профессии работающих в гальванических цехах относятся к Списку № 2 (дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда). Учитывая, что в гальванических цехах используется значительное количество технологических процессов, необходимо при комплексной оценке условий труда учитывать применяемые технологические процессы и производственное оборудование, характер производства и другие факторы, определяющие конкретные подразделения цехов. В таблице 1 приведены классы условий труда на рабочих местах основных профессий гальванических цехов с учетом фактических значений факторов производственной среды, времени воздействия их на работающих, показателей тяжести и напряженности трудового процесса.

Рабочее место гальваника оценивается такими производственными факторами, как уровень шума (класс 3.1 за счет работы используемого технологического оборудования), содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), параметры микроклимата (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха). По тяжести трудового процесса вышеуказанная профессия оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса при навеске и съеме деталей на подвески или укладке в корзины), а по напряженности трудового процесса – классом 2. Общая оценка условий труда на рабо-

чем месте гальваника оценивается классом 3.2, который дает гальванику право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2.

Условия труда на рабочем месте корректировщика ванн аналогичны условиям труда гальваника. Однако в данном случае необходимо учитывать время нахождения корректировщика у используемого оборудования при выполнении различных технологических операций. Общая оценка условий труда на рабочем месте корректировщика ванн оценивается классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2.

Рабочее место травильщика оценивается комплексом производственных факторов, таких как уровень шума (класс 3.2 за счет работы дробеструйных установок, находящихся недалеко от помещения травильщиков), запыленность воздуха и содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 2, возможен класс 3.1 при содержании вредных веществ выше предельно допустимых концентраций и нахождении в этих условиях более 50 % времени смены), параметры микроклимата (класс 3.1 за счет повышенной относительной влажности воздуха в помещении травильщиков). По тяжести трудового процесса вышеуказанная профессия оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса при взятии и укладке деталей в короба), а по напряженности трудового процесса – классом 2. Общая оценка условий труда на рабочем месте травильщика оценивается классом 3.2, который дает работающим право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 2. Если травильщик осуществляет травление металла в растворах, содержащих вредные вещества 1 и 2 классов опасности, то он может иметь право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 1.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что комплексная оценка условий труда на рабочих местах гальванических цехов может быть проведена объективно только при учете всех этапов применяемых технологических процессов, типов используемого оборудования, времени нахождения в различных условиях и воздействия всего комплекса производственных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса. Это позволит определить условиями труда работников, разработать и реализовать мероприятия по их улучшению.

Таблица 1 – Классификация рабочих мест по условиям труда в гальванических цехах

Участок цеха термической обработки металлов, профессии работающих	Класс условий труда на рабочих местах (с учетом времени воздействия)								
	производственные факторы						тяжесть трудового процесса	напряженность трудового процесса	общая оценка
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	инфракрасные излучения	микроклимат			
Гальваник	3.1	–	2	2 (3.1)	–	3.1	3.1	2	3.2
Корректировщик ванн	3.1	–	2	2 (3.1)	–	3.1	3.1	2	3.2
Травильщик	3.2	–	2	2 (3.1)	–	3.1	3.1	2	3.2

Список использованных источников

1. Лазаренков, А.М. Охрана труда в машиностроении: учебное пособие / А.М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 446 с.

2. Лазаренков, А.М. Комплексная оценка условий труда работающих в гальванических цехах / А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – 2013. – № 3 (71). – С. 117–120.

УДК 621.74:658.34

Условия труда работающих в цехах термической обработки металлов

Студенты гр. 10404116: Горбань И.Н., Дудинская Ю.В.
Научный руководитель: Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Профессии работающих в цехах термической обработки металлов относятся к Спискам № 1 и № 2 (дающих право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда). В таблице 1 представлены результаты проведенных исследований параметров производственной среды и комплексной оценки условий труда работающих. В таблице 1 приведены классы условий труда с учетом фактических значений факторов производственной среды, времени воздействия их на работающих, показателей тяжести и напряженности трудового процесса.

Термист, выполняющий работы по загрузке и выгрузке деталей из печей и ванн с применением ручного труда, обслуживает различные термические печи (цементации, шахтные закалочные, нагревательные и др.). Условия труда термиста на печах определяются уровнем шума (класс 3.2 при работе дробеструйных и пескоструйных установок), содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 3.1 за счет образования вредных веществ – оксида углерода и оксидов азота), параметрами микроклимата (класс 3.2 по температуре воздуха рабочей зоны и класс 3.1 по интенсивности теплового излучения за счет работы у термических печей и от нагретых деталей). По тяжести трудового процесса профессия термиста оценивается классом 3.1 (по массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную и вынужденным наклонам корпуса), а по напряженности трудового процесса классом 2. Общая оценка условий труда – класс 3.3, который дает право на пенсию по возрасту за работу с особыми условиями труда по списку № 1, право на дополнительный отпуск и на доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

Аналогично оценивается рабочее место термиста, работающего на цианистых и свинцовых ваннах и с расплавленными солями, за исключением фактора по содержанию вредных веществ, которые выделяются от ванн с солями и при закалке нагретых деталей в масле.

Условия труда термиста на установках ТВЧ определяются уровнем шума (класс 3.1), содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ (класс 3.1 за счет образования вредных веществ – оксида углерода и оксидов азота), параметрами микроклимата (класс 3.1 по интенсивности теплового излучения от нагретых деталей). По тяжести трудового процесса профессия термиста оценивается классом 3.1 (вынужденные наклоны корпуса), а по напряженности трудового процесса классом 2. Общая оценка условий труда определяется классом 3.2, который дает работающим данной профессии право на пенсию по списку № 2, на дополнительный отпуск и доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

При оценке условий труда этих профессий особенно тщательно необходимо проводить фотохронометражные наблюдения рабочего времени на отдельных технологических операциях, так как абсолютные значения вышеуказанных производственных факторов имеют различные величины.

Условия труда на рабочем месте чистильщика металла, отливок, изделий и деталей определяются уровнем шума (класс 3.2 за счет работы дробеструйных и пескоструйных установок), уровнем общей технологической вибрации (класс 3.1 за счет нахождения у работающих установок), запыленностью воздуха рабочей зоны (класс 3.1 за счет повы-

шенного содержания пыли дижелезо триоксида). По тяжести трудового процесса данная профессии оцениваются классом 3.2 (вынужденные наклоны корпуса). По напряженности трудового процесса – класс 2. Общая оценка условий труда чистильщика определяется классом 3.3, который дает данным работающим право на пенсию по возрасту, на дополнительный отпуск и на доплаты за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.

Таким образом, комплексная оценка условий труда на рабочих местах цехов термической обработки металлов проводится объективно только при учете всех операций применяемых технологических процессов, типов используемого оборудования, времени нахождения в различных условиях, тяжести и напряженности трудового процесса. В таком случае можно разработать и реализовать конкретные мероприятия по улучшению условий труда работающих.

Таблица 1 – Классификация рабочих мест по условиям труда в цехах термической обработки металлов

Профессии работающих	Класс условий труда на рабочих местах (с учетом времени воздействия)								
	производственные факторы						тяжесть трудового процесса	напряженность трудоового процесса	общая оценка
	шум	вибрация	пыль	вредные вещества	инфракрасные излучения	температура воздуха			
Термист (на печах)	3.2	2	2	3.1	3.1	3.2 (3.1)	3.1	2	3.3
Термист (на соляных ваннах)	3.2	2	2	3.1	3.1	3.2 (3.1)	3.1	2	3.3
Термист на установках ТВЧ	3.1	2	2	2	3.1	3.1 (2)	3.1	2	3.2
Чистильщик металла, отливок, изделий и деталей	3.2	(3.1) 2	3.1	2 (3.1)	2	2	3.2	2	3.3

Список использованных источников

1. Лазаренков, А.М. Охрана труда в машиностроении: учебное пособие / А.М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 446 с.
2. Лазаренков, А.М. Комплексная оценка условий труда работающих в цехах термической обработки металлов/ А.М. Лазаренков, С.А. Хорева, В.В. Мельниченко // Литье и металлургия. – 2013. – № 3 (71). – С. 112–116.

УДК 331.45

Охрана труда женщин

Студенты гр. 10605114: Болбас И.А., Иванова О.А.
 Научный руководитель: Мордик Е.В.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Вопрос об охране труда и трудовых прав женщин всегда являлся весьма актуальным направлением научных исследований. Сегодня создание безопасных и безвредных

для жизни и здоровья женщин условий труда, сохранение и восстановление репродуктивного здоровья становится важнейшей социальной, медицинской и государственной задачей. Ведь тенденция развития демографического процесса во многом зависит от эффективности решения проблем охраны труда и здоровья работающих женщин. В связи с этим проблема гигиены и охраны труда работающих женщин в последнее время существенно обострилась и делает вопросы репродуктивной безопасности женщин, сохранения здоровья новорождённых и будущего поколения крайне актуальными.

В соответствии с Конституцией Республики Беларусь мужчины и женщины имеют равные права, свободы и возможности для их реализации. Это касается получения образования и профессиональной подготовки, труда и продвижения по службе (работе), в общественно-политической, культурной и других сферах деятельности, а также создания условий для охраны их труда и здоровья. Однако физиологические особенности женщины, ее детородная функция накладывают отпечаток на объем прав в процессе осуществления трудовой деятельности.

Законодательством о труде Республики Беларусь женщине предоставлены и гарантированы не только права, но также и дополнительные льготы и гарантии, имеющие целью охрану ее здоровья и материнства.

В соответствии с частью первой статьи 268 Трудового кодекса РБ (далее – ТК) запрещается отказывать женщинам в заключении трудового договора и снижать им заработную плату по мотивам, связанным с беременностью.

Статьей 262 ТК установлен запрет на применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на подземных работах.

Часть третья ст. 262 ТК содержит запрет на применение труда женщин на работах, связанных с подъемом и перемещением тяжестей вручную, превышающих установленные для них предельные нормы. Предельные нормы подъема и перемещения тяжестей женщинами вручную утверждены постановлением Министерства здравоохранения РБ от 13.10.2010 № 133.

Привлечение беременных женщин к работе в ночное время, к сверхурочным работам, работе в государственные праздники и праздничные дни, выходные дни и направление их в служебную командировку запрещается (ст. 263 ТК).

В соответствии с частью первой ст. 264 ТК беременным женщинам в соответствии с медицинским заключением снижаются нормы выработки, нормы обслуживания либо они переводятся на другую работу, более легкую и исключаящую воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, с сохранением среднего заработка по прежней работе.

Необходимость снижения норм выработки, норм обслуживания либо перевода на другую работу, более легкую и исключаящую воздействие неблагоприятных производственных факторов, определяется на основании медицинского заключения, которое обязательно для нанимателя.

Женщинам предоставляется отпуск по беременности и родам продолжительностью 70 календарных дней до родов и 56 (в случаях осложненных родов или рождения двух и более детей – 70) календарных дней после родов с выплатой за этот период пособия по государственному социальному страхованию (часть первая ст. 184 ТК). Отпуск по беременности и родам исчисляется суммарно и предоставляется женщине полностью независимо от числа дней, фактически использованных до родов.

Гарантии беременным женщинам, равно как женщинам, имеющим детей в возрасте до 3 лет, одиноким матерям, имеющим детей в возрасте от 3 до 14 лет (детей-инвалидов – до 18 лет) при прекращении трудового договора (контракта) заключаются в запрете на их увольнение по инициативе нанимателя. Частью третьей статьи 268 ТК предусмотрен запрет на расторжение трудового договора (контракта) с беременными женщинами при отсутствии их вины.

Необходимо обратить внимание, что гарантии при расторжении трудового договора действуют лишь в случаях увольнения беременных женщин по инициативе нанимателя. При расторжении трудового договора по иным основаниям указанные гарантии не применяются.

В день увольнения (в последний день работы) наниматель обязан выдать работнику трудовую книжку и произвести в этот день все причитающиеся ему выплаты. Если работник в день увольнения не работал, то соответствующие выплаты должны быть произведены не позднее следующего дня после предъявления им требования о расчете.

УДК 331.458

Меры безопасности при эксплуатации и ремонте паротурбинных установок

Студенты гр. 10605114: Алексеева И.В., Бурмич А.Д.

Научный руководитель: Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Паротурбинная установка является механизмом для преобразования потенциальной энергии сжатого и нагретого до высокой температуры пара в кинетическую энергию вращения ротора турбины, который обеспечивает выработку электроэнергии.

Основной угрозой при эксплуатации и ремонте турбины являются ее вращающиеся элементы, пар высоких параметров, а также вырабатываемая электрическая энергия. Поэтому в конструкции турбины и ее вспомогательном оборудовании должно быть реализовано следующее: предусмотрена возможность прекращения подачи пара с помощью отсечного клапана; конструкция турбин должна учитывать опасность травмирования вращающимися подвижными частями и вероятность получения ожогов от частей, нагретых до высоких температур; все доступные для соприкосновения движущиеся части и части, нагретые до высоких температур, должны быть оснащены ограждениями, боковыми створками, капотами и (или) предупреждающей табличкой с указанием вида опасности; конструкция турбин должна учитывать общие требования в области электробезопасности и исключать опасность поражения электрическим током персонала при эксплуатации и при проведении ремонтных и обслуживающих работ с турбиной.

Основные меры безопасности при ремонте и эксплуатации паровой турбины: внешние напорные маслопроводы, находящиеся в зоне горячих поверхностей, должны быть заключены в специальные плотные защитные короба, при капитальных ремонтах короба должны проверяться на плотность заполнением их водой; маслопроводы, расположенные вне короба, должны быть отделены от горячих поверхностей металлическими защитными экранами, а их фланцы заключены в специальные кожухи со сливом из них масла в безопасное место, на сварочные швы стыков маслопроводов в труднодоступных местах устанавливают уплотнительные хомуты с резиновыми прокладками; запрещается производить работы, связанные с заменой и ремонтом арматуры на маслопроводах и с разборкой деталей регулирования, при работающей турбине или работающем масляном насосе; при проведении ремонтных работ на маслосистеме необходимо: – выполнять огневые работы с учетом требований правил безопасности; – подвергать гидравлическому испытанию участки маслопроводов, на которых в период ремонта переварены сварные стыки; – немедленно убирать пролитое масло; – соблюдать специальные требования при химической очистке маслосистемы; – производить пропаривание труб масляной системы и маслоохладителя насыщенным паром давлением не выше 0,6 МПа на специально оборудованной площадке; – производить работы внутри масляных баков только после очистки их от масла и шлама, пропаривания, вентиляции и с выполнением требований безопасности; огневые работы на расстоянии менее 10 м от участков газомасляной системы, содержащих водород, должны производиться по наряду с выполнением мер безопасности работы, огневые работы непосредственно на корпусе генератора, трубопроводах и аппаратах газомасляной

системы, заполненных водородом, запрещаются, должны быть вывешены предупреждающие знаки или плакаты безопасности «Осторожно! Опасность взрыва»; запрещается при испытании автомата безопасности находиться на площадке обслуживания турбины лицам, непосредственно не участвующим в испытании, проверка автомата безопасности должна производиться по программе испытаний, до испытания автомата безопасности должен быть проведен инструктаж персонала, с записью об этом в журнале инструктажей; перед проверкой автомата безопасности должны быть произведены его ручное выключение при номинальной частоте вращения и проверка посадки стопорных и регулирующих клапанов; автомат безопасности должен срабатывать при повышении частоты вращения ротора турбины на 10–12 % сверх номинальной или до значения, указанного заводом изготовителем; система защиты турбины от повышения частоты вращения ротора должна быть испытана увеличением частоты вращения выше номинальной в следующих случаях: после монтажа турбины, после капитального ремонта, перед испытанием системы регулирования сбросом нагрузки с отключением генератора от сети, при пуске после разборки автомата безопасности, при пуске после длительного простоя турбины, при пуске после разбора системы регулирования или ее отдельных узлов, при проведении плановых испытаний; запрещается пуск турбины при дефектах в системе регулирования и парораспределения; остановленная на ремонт турбина должна быть отключена от общих паропроводов; разболчивание и затяжка гаек фланцевых соединений разъемов цилиндров турбин должны производиться по инструкции завода–изготовителя турбин; выемку и установку ротора турбины следует производить специальным приспособлением; при посадке деталей турбин с натягом методом глубокого охлаждения необходимо надевать рукавицы и работать с помощью специальных приспособлений, при использовании жидкого азота для охлаждения деталей следует учитывать возможность образования взрывоопасной смеси; электронагреватели, применяемые для нагрева крепежных резьбовых соединений турбин высокого давления, должны быть заземлены и иметь сопротивление изоляции между корпусом нагревателя и токоведущими частями не менее 2 МОм. Работать с электронагревателем необходимо в резиновых диэлектрических перчатках; к работе с электронагревателями допускается персонал, имеющий группу по электробезопасности не ниже II; при демонтаже дефектных лопаток турбин с применением электросварки ротор должен быть заземлен; при работе с эжекционным нагревателем крепежа цилиндра турбин многопламенная горелка должна работать без хлопков и обратных ударов, все соединения и каналы горелки, включая уплотнительные устройства, должны быть герметичными, перед началом работ с применением эжекционного нагревателя все работы на проточной части турбины должны быть прекращены и персонал удален, при работе нужно следовать правилам пожарной безопасности; при использовании для прогрева шпилек разъемов цилиндров турбины воздушных нагревателей ввод в отверстие шпильки штуцера для подачи горячего воздуха и удаление его после нагрева должны производиться при закрытом вентиле подачи воздуха, работающие должны быть в рукавицах и защитных очках, прогрев шпилек открытым пламенем газовой горелки запрещается.

УДК 620.9:658.345

Система защитных барьеров безопасности АЭС

Студент гр. 10605214: Музыкантова К.С.

Научный руководитель: Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Важнейшим шагом по развитию в Беларуси атомной энергетики стал Указ Президента Республики Беларусь от 12 ноября 2007 г. № 565 «О некоторых мерах по строительству атомной электростанции». 18 июля 2012 г. на заседании Совета Министров

Союзного государства подписан Генеральный контракт на сооружение АЭС в Беларуси. Атомная электростанция сооружается по российскому проекту ВВЭР–1200 поколения «три плюс». Она состоит из двух энергоблоков суммарной мощностью 2400 МВт. Проект соответствует самым строгим нормам и рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и отличается повышенными характеристиками безопасности. 31 мая 2012 г. получена лицензия на размещение АЭС. Строительные работы на энергоблоке № 1 начаты в ноябре 2013 г., на энергоблоке № 2 – в апреле 2014 г. В соответствии с Генеральным контрактом на строительство АЭС ввод в эксплуатацию энергоблоков запланирован к 2020 году.

В соответствии с ТКП 170–2009 (02300) «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ АС)» безопасность АС должна обеспечиваться за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранения их эффективности, а также по защите персонала, населения и окружающей среды. Система физических барьеров блока АС включает топливную матрицу, оболочку твэла, границу контура теплоносителя реактора, герметичное ограждение реакторной установки и биологическую защиту.

Для того чтобы предотвратить выход радиоактивных веществ в окружающую среду (в том числе, для предотвращения аварийной ситуации) на современных АЭС существует 4 барьера, 4 «линии защиты». Первый барьер – сама таблетка ядерного топлива: спеченный диоксид урана (UO₂), достаточно прочный и химически инертный материал. Второй барьер – тепловыделяющий элемент (твэл) – представляющий собой трубку, в которую загружаются топливные таблетки. Твэлы изготовлены из высокопрочного, химически и термостойкого циркониевого сплава, и герметично запаены с обоих концов. Третий барьер – толстостенный корпус реактора и оборудование главного контура (выполненное из высокопрочных материалов и подлежащее непрерывному контролю в процессе эксплуатации). Наконец, в моделируемой ситуации попадания ядерного топлива в помещения энергоблока (что закладывается для крайне маловероятного события – расплавления активной зоны) существует последний, четвертый барьер – железобетонная герметичная оболочка реакторного помещения (контайнмент). Прочность контайнмента такова, что позволяет выдержать все внешние воздействия – землетрясения, смерчи, ураганы, наводнения, даже падение самолета. Кроме того, каждый реактор имеет систему управления и защиты (СУЗ), позволяющую держать под контролем ядерную реакцию. Если СУЗ реактора на Чернобыльской АЭС обеспечивали аварийную остановку за 14,5 секунд (непосредственно перед аварией СУЗ был отключен вручную – после чего исключена возможность вмешательства человека в работу системы), то теперь, чтобы заглушить такой же реактор (РБМК–1000) с усовершенствованной системой СУЗ, потребовалось бы всего две секунды – стержни при прохождении аварийного сигнала просто падают вниз под действием силы тяжести, обеспечивая моментальное прекращение ядерной реакции.

УДК 658.345

Метод сетевого моделирования и управления как способ определения причины опасной производственной ситуации

Студенты гр. 10605214: Кулаков В.М., Мосевич С.В.
Научный руководитель: Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Большую роль в предотвращении травматизма имеет анализ и, главное, своевременное доведение его результатов до всех структурных подразделений. Исследования показы-

вают, что достаточно часто при расследовании несчастных случаев допускают грубые ошибки, что не способствует разработке действенных мер по борьбе с травматизмом. Выяснить причину несчастного случая можно одним из методов системного анализа – методом сетевого моделирования и управления. Одним из разработчиков данного метода является инженер В.А. Ачин. Целью данного метода является выявление опасностей и разработка профилактических мероприятий по устранению причин возникновения опасной зоны, а также устранению причин по возникновению человека в данной опасной зоне.

Анализ методом сетевого моделирования и управления опасной производственной ситуации проводится на основе построения логической связи между всеми моментами, предшествовавшими возникновению аварии, разрушению или несчастному случаю. Обычно эта связь устанавливается «обратным ходом», начиная с момента события, с последствий, доступных непосредственному описанию. С установлением одной логической цепи появляется возможность построить сетевую модель. Элементами сетевой модели являются векторы, изображающие процесс появления причины события и ее следственную связь с предыдущей по времени, а также условия, означающие появления причины. Начальная и конечная причины представляют собой импульс всей цепи событий и ее завершающий этап. Установив цепь взаимосвязанных причин, выполняют анализ каждой причины с учетом всех обстоятельств происшедшего события. Это позволит продолжить анализ сетевой модели с целью устранения причин нежелательных событий для рассматриваемой конкретной производственной обстановки.

В.А. Ачиным было предложено четыре формы причинно-следственных связей: последовательная, параллельная, круговая, концентрическая. Последовательная форма связей показывает, что одна причина порождает другую, пока конечная связь не приведет к трагическим последствиям. При параллельной форме связи две или несколько последовательных связей характеризуют одну общую причину, которая и вызывает нежелательное событие. Круговая форма образуется цепью событий, когда одна причина вызывает другую, другая, в свою очередь, следующую и так до тех пор, пока одна из них не усилится до такой степени, что приведет к нежелательным последствиям. Концентрическая связь возникает в том случае, когда какая-либо причина служит источником нескольких причин, которые, развиваясь во времени, вызывают одну общую причину, вызывающую тяжелые последствия. Рассмотренные формы причинно-следственных связей являются элементарными и в различных комбинациях могут служить в качестве составных частей сложных сетевых моделей.

Накопленный опыт применения метода показал, что модели опасных производственных ситуаций позволяют более глубоко и детально изучать и анализировать обстоятельства событий, их причины, точно классифицировать эти причины и установить их удельный вес в рассматриваемых событиях. При необходимости по результатам системного анализа разрабатываются рекомендации по введению изменений в системах контроля, управления и обеспечения безопасности при эксплуатации оборудования, технических систем и объектов.

УДК 331.458

Обеспечение безопасности персонала атомной станции

Студенты гр. 10605114: Бойко Е.Г., Лазарь А.С.

Научный руководитель: Мордик Е.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Система управления охраной труда является частью системы управления деятельностью на предприятии и направлена на обеспечение безопасности жизни и здоровья работников предприятия в процессе трудовой деятельности, соблюдения законодательства об охране труда, конституционного права граждан на здоровье и безопасные условия труда.

Системы и элементы безопасности АС разделяются по назначению, по влиянию на безопасность, по характеру выполняемых функций безопасности.

Системы и элементы АС по назначению разделяются на: системы и элементы нормальной эксплуатации, системы и элементы безопасности.

Системы и элементы АС по влиянию на безопасность разделяются на: важные для безопасности, остальные, не влияющие на безопасность.

Системы и элементы безопасности по характеру выполняемых ими функций разделяются на защитные, локализирующие, обеспечивающие, управляющие.

По влиянию элементов АС на безопасность устанавливаются четыре класса безопасности:

Класс 1. К классу 1 относятся ТВЭЛы и элементы АС, отказы которых являются исходными событиями, приводящими при проектном функционировании систем безопасности к повреждению тепловыделяющих элементов с превышением установленных для проектных аварий пределов.

Класс 2. К классу 2 относятся следующие элементы АС:

- элементы, отказы которых являются исходными событиями, приводящими к повреждению тепловыделяющих элементов в пределах, установленных для проектных аварий, при проектном функционировании систем безопасности с учетом нормируемого для проектных аварий количества отказов в них;
- элементы системы безопасности, отказы которых приводят к невыполнению этими системами своих функций.

Класс 3. К классу 3 относятся элементы АС:

- системы, важные для безопасности, не вошедшие в классы 1 и 2;
- содержащие радиоактивные вещества, выход которых в окружающую среду (включая производственные помещения АС) при отказах превышает санитарные нормы;
- выполняющие контрольные функции радиологической защиты персонала и населения.

Класс 4. К классу 4 относятся элементы нормальной эксплуатации АС, не влияющие на безопасность и не вошедшие в классы 1, 2, 3.

К системам и оборудованию нормальной эксплуатации относятся системы и оборудование, предназначенные для осуществления технологических процессов нормальной эксплуатации, то есть разогрева, выхода на мощность, работы на мощности, останова, расхолаживания и перегрузки топлива.

К системам безопасности относятся системы и оборудование, предназначенные для предотвращения выхода из строя систем и оборудования нормальной эксплуатации и (или) ограничения их повреждения при проектных нарушениях нормальных условий эксплуатации и проектных авариях допустимыми пределами.

Основным принципом, положенным в основу обеспечения безопасности реакторной установки, является обеспечение защиты персонала и населения от внешнего и внутреннего облучения, а окружающей среды – от загрязнения радиоактивными веществами в пределах допустимых норм как в случае длительной стационарной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях.

Среди фундаментальных принципов безопасности центральное место занимает принцип «глубоко эшелонированной защиты», поскольку он лежит в основе почти всей технологии безопасности атомных станций.

Вся деятельность по безопасности, связанная с организацией, поведением людей и оборудованием осуществляется на основе многократного перекрытия с тем, чтобы в случае отказа можно было применять компенсирующие или корректирующие меры и предотвращать ущерб для отдельных лиц или населения в целом.

УДК 331.458
**Стробоскопический эффект как причина производственного травматизма
и предупреждение его образования**

Студент гр. 10701116: Мордик А.В.
Научный руководитель: Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Производственный травматизм, как следствие несчастных случаев и аварий, давно стал актуальной проблемой во всех странах мира. Травматизм занимает ведущее место в структуре заболеваемости и является одной из основных причин первичной инвалидности и смертности.

Стробоскопический эффект проявляется в искаженном восприятии движущихся частей оборудования. Например, вращающийся шкив кажется неподвижным или медленно вращающимся в обратную сторону. Это явление может возникнуть в результате совпадения частоты переменного тока ($f = 50$ Гц) с кратностью числа оборотов вращающихся частей оборудования.

Стробоскопический эффект может возникнуть в производственных помещениях с системой освещения люминесцентными лампами, питаемыми переменным током. Кроме того, пульсация светового потока оказывает влияние на эффективность зрительной работы, вызывая повышенную утомляемость органов зрения.

При нарушении техники безопасности на предприятии может иметь место свободный доступ к рабочим органам машины (отсутствие ограждения на приводе или его блокировки с пусковым устройством и т. п.). В общем производственном шуме не слышна работа отдельно стоящего оборудования, рабочему кажется, что оно не работает – все вращающиеся детали «стоят» на месте. Попадая руками в работающий механизм, человек может получить тяжелое увечье. В акте по расследованию несчастных случаев на производстве в графе «причина несчастного случая» нередко указано – «стробоскопический эффект».

Для устранения стробоскопического эффекта от люминесцентных ламп, необходимо питать несколько цепей таких ламп от разных фаз, либо вообще отказаться от использования люминесцентных ламп и прибегнуть к применению ламп накаливания или светодиодных систем освещения.

В простейшем случае, мерцание легко устраняется включением люминесцентных ламп в разные фазы. Как правило, для надежного устранения стробоскопического эффекта таким способом число ламп должно быть кратно двум для двухфазной сети и трем для сети трехфазной.

В обычных условиях, когда в распоряжении всего одна фаза, стробоскопический эффект можно легко устранить посредством парного включения люминесцентных ламп, когда одна из ламп подключается к сети через фазосдвигающий конденсатор или дроссель.

Благодаря реактивному элементу, между токами в двух лампах достигается такой сдвиг фаз, что когда первая лампа гаснет, вторая имеет максимальную яркость, и освещенность благодаря этому выравнивается.

Студентки гр. 11305214: Буцура Н.И., гр. 11305314: Архипенко П.Р.

Научный руководитель: Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Bluetooth – радиоэлектронное устройство, которое постоянно поддерживает радиоканал посредством радиоизлучения.

Bluetooth – стандарт с низким показателем излучения, применяемый для осуществления беспроводной радиокommunikации между устройствами, передачи данных и голосовой связи. Эта радио-технология применяется в частных и публичных сетях с радиусом действия от 10 м до 100 м.

Bluetooth-гарнитуры работают на частоте в диапазоне 2,402–2,480 ГГц. Выходная мощность Bluetooth-гарнитур очень низкая, ее значение не превышает 0,001 Вт. Такая гарнитура работает в СВЧ-диапазоне – радиолокатор, хотя мощность излучения мала (0,1–0,001 Вт), но учитывая, что расстояние до мозга 1 см – влияние все-таки есть.

Учитывая, что гарнитура имеет слабую мощность, но длительность облучения постоянная, то вредное воздействие на клетки головного мозга может иметь место.

При воздействии излучения на живые клетки происходит нагрев клеточных ядер, а при их перегреве начинается процесс деления ядра, что вызывает рост опухолей.

Поэтому если сложить слабое постоянное излучение гарнитуры, излучение своего (в кармане) и чужих мобильных телефонов, излучение базовых станций и так далее, то воздействие на мозг получается серьезное. А отсюда непонятные головные боли, плохое самочувствие и постоянная усталость.

Поэтому, чтобы исключить еще один источник излучения около мозга, лучше пользоваться проводной гарнитурой с наушником.

В настоящее время почти все устройства, имеющие отношение к интернету, выпускаются со встроенными в них модулями Wi-Fi. Wi-Fi роутер (маршрутизатор) устройство, которое пересылает пакеты между различными сегментами сети на основе правил и таблиц маршрутизации.

Плотность потока энергии Wi-Fi роутера на расстоянии около 30–40 см составляет 110–120 мкВт/см², что в 4–6 раз выше излучения мобильных телефонов и в 12 раз превышает предельно допустимый уровень для стационарных приборов (далее ПДУ – 10 мкВт/см²). Превышение ПДУ излучения будет фиксироваться на расстоянии чуть более 1 м, в 2-х метрах 5,7 мкВт/см², в 3 метрах составляет 3,62 мкВт/см². Данную картину усугубляет в многоквартирных домах наличие нескольких работающих Wi-Fi сетей соседей (до десятка). Уровни ЭМИ одного частотного диапазона имеют эффект суммации, то есть сложив, получаем весомую электромагнитную нагрузку постоянного характера, зачастую превышающую ПДУ; – очень важно учитывать такой аспект как экспозиционная доза облучения, применимый не только к гамма излучению, но и к ЭМИ диапазона частот роутеров 2400 МГц. Облучение от Wi-Fi роутера постоянное, многочасовое, а облучение от сотового телефона периодическое и кратковременное. Вот и получается, что суммарная электромагнитная нагрузка на человека от роутеров может быть не менее существенной, а зачастую и более чем от сотового телефона.

Для электромагнитного излучения частотного диапазона от 300 МГц до 300 ГГц характерны: развитие онкологических заболеваний (глиомы и т.д.), изменение функций клеточного и гуморального иммунитета (их подавление), эндокринные дисфункции, обратимые и необратимые хромосомные aberrации и т.д. Чем выше частота, тем более выражено повреждающее биологическое действие. На основании серьезных исследований разрабо-

таны ПДУ. ПДУ – это установленный и утвержденный государством уровень фактора, превышение которого приводит в заболеваниям.

По измерению уровней ЭМИ от роутеров, в большинстве случаев не имеет ничего общего с нормативными замерами ЭМИ диапазона частот работы роутеров (около 2400 МГц). Проводится приборами, предназначенными для измерения напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц) или приборов с частотой до 30 кГц (не более). Определяемый показатель таких приборов измерения – В/м и ПДУ для этого показателя другой (от бытовых приборов с частотой 50 Гц, электрических сетей 50 Гц, ПДУ принят 500 В/м на расстоянии 10–30 см), в т.ч. и для роутеров (как вторичный фактор). Напряженность электрического поля (В/м) – показатель по которому излучающие приборы сотовой связи и роутеры, на предмет их функционального излучения, не оцениваются и не нормируются.

Излучение роутеров не ниже излучения сотовых телефонов и что телефоны сотовой связи излучают ЭМИ мощностью 1 Вт и выше, не расшифровывая данный показатель относительно единиц нормативного измерения. Данная мощность сопоставима с небольшой базовой станцией, если ее применять к ПДУ (10 мкВт/см² для стационарных приборов, роутеров в том числе и 100 мкВт/см² для абонентских приборов подвижной сухопутной связи). Путают показатели: эффективная излучаемая мощность – мкВт/см²) и уровень SAR (поглощенная энергия, Вт/кг в секунду) для которого действительно норматив приближается к 1 Вт (не более 0,8 Вт; ранее норматив был 2 Вт тепловой энергии на 1 кг «живой ткани» в секунду).

Как избежать себя и своих близких от вредного воздействия Wi-Fi роутеров?

а) если Вы не отказались от использования Wi-Fi роутера (самый надёжный вариант), то приобретайте данное оборудование с низкой мощностью излучения, не стремитесь покрыть пространство всего дома и улицы Wi-Fi сетью;

б) знать, что интенсивность излучения Wi-Fi роутера обратно пропорциональна квадрату расстояния, поэтому размещать роутер в нежилых помещениях квартиры и не ставить его на рабочий стол или вблизи вашего рабочего места и мест отдыха;

в) минимизировать время работы Wi-Fi роутера; чем меньше времени работает Wi-Fi роутер, тем лучше;

г) использовать защитные материалы

Список использованных источников

1. Санитарные нормы и правила «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека». Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 5 марта 2015 года.

УДК 621.398:006.354

Электронные антикражные системы

Студентка гр. 11305114: Монак Д.М., студентка гр. 11305314: Терешко К.И.

Научный руководитель: Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск

Электронная антикражная система (EAS) – бесконтактное средство обнаружения или система слежения за товаром, предназначенный для защиты от несанкционированного выноса товаров. Может устанавливаться на входе/выходе магазина или рядом с кассами с шагом около метра. Принцип работы противокражной системы: обнаружение специального элемента (этикетки, бирки), находящегося на защищаемом товаре, кото-

рое происходит в электромагнитном поле между антенными рамками («антикражными воротами») на кассе или на выходе из магазина. Защитный элемент – это пассивное резонансное устройство, которое вносит помеху в электромагнитное поле между рамками и вызывает сигнал тревоги. В эту систему могут быть добавлены деактиваторы, которые прекращают работу транспондера – деактивируют его, специальные съемники для физического удаления транспондера с товара, защитные боксы снабженные транспондером, которые являются физическим препятствием для доступа к товару.

EAS и защитные элементы к ним классифицируют по рабочей частоте на:

- радиочастотные (8,2 МГц);
- акустомагнитные (58 кГц);
- электромагнитные (от 16 Гц до 12,5 кГц);
- радиоманнитные (71,218 Гц и 8,2 МГц).

В основе **радиочастотных (RF) антикражных систем** лежит детектирование антенной–приемником колебательного LC-контура, который находится в защитном элементе, закрепленном на товаре, и имеет ту же резонансную частоту, что и передающая антенна. Принцип действия RF противокражной системы представлен на рисунке 1.

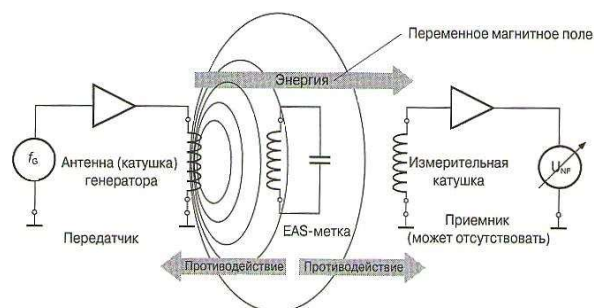


Рисунок 1 – Принцип действия радиочастотной противокражной системы

Характеристики радиочастотной противокражной системы:

- минимальная напряженность электромагнитного поля, необходимая для детектирования транспондера – 1,5 А/м;
- рабочая, центральная частота – 8,2 МГц.

Акустомагнитные (АМ) противокражные системы используют достаточно низкую частоту: электромагнитная волна излучается на частоте 58 кГц, что всего в несколько раз выше слухового порога человека. «Низкая» частота позволяет волнам лучше огибать металлические препятствия, поэтому вблизи металлических предметов система работает надежно. Принцип действия АМ противокражной системы представлен на рисунке 2.

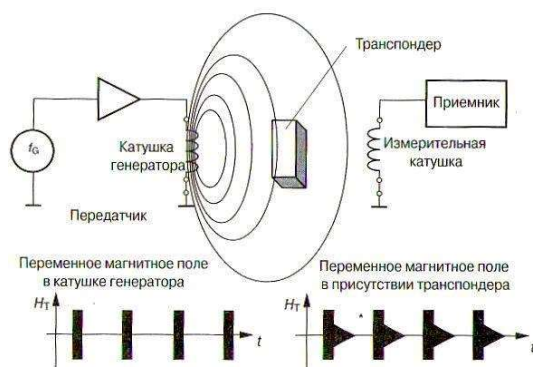


Рисунок 2 – Принцип действия акустомагнитной противокражной системы

Основные характеристики:

- резонансная частота – 58 кГц;
- точность установки частоты – $\pm 0,52\%$;
- минимальная напряженность, которая необходима для активации – 16000 А/м.

Электромагнитные (ЕМ) противокражные системы основаны на детектировании приемной антенной изменений электромагнитного поля при попадании в него специально намагниченной металлической полоски, наклеиваемой на товар.

Основные характеристики:

- частота – 70 Гц;
- напряженность поля в зоне детектирования – 25–120 А/м;
- минимальная напряженность поля, необходимая для детектирования – 16000 А/м.

Радиомагнитные (RM) противокражные системы сочетают в себе возможности радиочастотной и электромагнитной технологий, т.е. детектируются и радиочастотные и электромагнитные метки.

Большинство антикражных ворот издают сильное электромагнитное излучение, в особенности антикаржные системы акустомагнитной технологии с рабочей частотой 58кГц, поэтому они могут быть особенно опасны для владельцев кардиостимуляторов. Предельно допустимые уровни (далее – ПДУ) электромагнитного излучения радиочастотного диапазона для населения, рабочих мест лиц, не достигших 18 лет, и женщин в периоды беременности и кормления грудью согласно [1] представлены в таблице 1.

Таблица 1 – ПДУ электромагнитного излучения радиочастотного диапазона

Назначение помещений или территории	Диапазон частот 0,3–3 МГц
	ПДУ электромагнитного излучения радиочастотного диапазона, В/м
Территория жилой застройки и мест массового отдыха; помещения жилых, общественных и производственных зданий; рабочие места лиц, не достигших 18 лет, и женщин в периоды беременности и кормления грудью	15

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в производственных условиях согласно [1] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция	
	По электрическому полю, (В/м) ² ·ч	По магнитному полю, (А/м) ² ·ч
30 кГц – 3 МГц	20 000	200
3–30 МГц	7 000	–

Негативное воздействие антикражные системы оказывают и на обычного человека из-за высокоинтенсивного излучения. Не рекомендуется продолжительное нахождение в зоне действия антикражных ворот, рамок. ПДУ напряженности электрической составляющей электромагнитного излучения в производственных условиях в зависимости от продолжительности воздействия согласно [1] представлены в таблице 3.

Даже если система случайно сработала и включилась сирена, то ни в коем случае не нужно останавливаться в воротах, как это делает большинство людей, и ждать, пока к вам подойдет представитель охраны. Лучше не задерживаться во время прохода через ворота и уже вдали подождать работника службы безопасности магазина.

Таблица 3 – ПДУ напряженности электрической составляющей электромагнитного излучения

Продолжительность воздействия Т, ч	Е _{пду} , В/м
	3 – 30 МГц
8 и более	30
6	34
4	42
3	48
2	59
1	84

Осторожность в обращении с источниками электромагнитных излучений жизненно необходима всем и всегда.

Список использованных источников

1. Санитарные нормы и правила «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека». Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 5 марта 2015 года.

УДК 331.45

Анализ эффективности и безопасности современных систем автоматического пожаротушения

Студенты гр. 11301114: Герасимович В.А., Иванов В.Ю., Голубев А.А.

Научный руководитель: Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В настоящее время существуют различные виды автоматического пожаротушения в зависимости от применяемого огнетушащего вещества: водяное, пенное, газовое, порошковое, аэрозольное.

Система тушения водой доступна, дешева, безопасна для людей, служит чаще для ограничения распространения пожара до прибытия пожарных расчетов. Тушение происходит за счет понижения температуры и снижения концентрации кислорода. Но иногда инертна, не пригодна для тушения некоторых видов пожаров и наносит материальный ущерб.

Тушение пеной наиболее эффективное, и происходит за счет изоляции горючего вещества от кислорода воздуха. Но такая система дорогостояща, после применения трудно убирать, повреждает обстановку и отделку в помещениях, опасна для здоровья.

Порошковое автоматическое пожаротушение относительно недорогой способ. Действует за счет разбавления воздуха продуктами горения порошка, изоляции горючего вещества от кислорода, ингибирования реакции окисления, охлаждения. Минусами являются: опасность для здоровья, большие объемы расхода порошка, сложный процесс уборки.

Аэрозольное пожаротушение происходит за счет ингибирования горения микроскопическими частицами – продуктами сгорания огнетушащего вещества на основе пороха, которые сохраняются в воздухе помещения до 40 мин. Экологически безвредно,

не повреждаются мебель и оборудование. Однако, опасно для людей – можно задохнуться, а при срабатывании генератора огнетушащего аэрозоля температура может повышаться до 400 °С, поэтому сфера применения ограничена.

Газовые огнетушащие составы останавливают горение, уменьшая концентрацию кислорода в воздухе и ингибирования окисления. Применяются негорючие, инертные газы, хладоны, смеси газов. CO₂ опасен для человека, хладоны негативно влияют на экологию, инертные газы дорогостоящие. Запатентованный в 2002 году NOVEC 1230 (сухая вода) экологически безопасен, не ядовит, не влияет на работающую электронику, не разрушает бумажные документы и художественные произведения, что обусловило его широкое применение в музеях, библиотеках, архивах.

Исходя из анализа современных систем автоматического пожаротушения, оптимальной по сочетанию свойств «эффективность–безопасность–стоимость» является система газового тушения с применением NOVEC 1230.

УДК 331.45

Охрана труда при проведении ультразвукового неразрушающего контроля сварных соединений

Студентка гр. 11312114: Зданович С.В.
Научный руководитель: Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Одним из наиболее распространенных методов неразрушающего контроля сварных соединений является ультразвуковой метод, позволяющий выявлять поверхностные и внутренние дефекты сварных соединений, а также измерять размеры и глубину их залегания. Ультразвуковое оборудование работает с частотами 0,5–25 МГц при интенсивности 60–70 кВт/м², и оператор подвергается воздействию воздушного и контактного ультразвука. Согласно Санитарным нормам и правилам «Требования к источникам воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения при работах с ними» утвержденных постановлением Минздрава № 45 от 6.06.2013, для рабочих частот уровни пиковых значений виброскорости контактного ультразвука не должны превышать 100–110 дБ, а установленные предельно допустимые уровни звукового давления воздушного ультразвука – не более 110 дБ.

Длительное воздействие ультразвука приводит к функциональным изменениям нервной системы, нарушениям в работе слухового и вестибулярного аппарата и сердечно-сосудистой системы. Во избежание профессиональных заболеваний при работе с источниками ультразвука следует соблюдать ряд требований, приведенных ниже.

К работе с ультразвуковыми источниками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по технике безопасности и предварительный медосмотр, который периодически повторяют. Обязательно использование средств коллективной (звукоизоляция, автоматизация, дистанционное управление, приспособления для исключения контакта с источниками ультразвука) и индивидуальной (ушные вкладыши, наушники, защитные перчатки) защиты. Воздушный ультразвук нейтрализуют противошумом. Используемые инструменты и приспособления снабжаются виброизолирующими рукоятками. При систематической работе с источниками контактного ультразвука в течение более 50 % рабочего времени устраивают два регламентированных перерыва: десятиминутный за 1–1,5 ч до и пятнадцатиминутный через 1,5–2 ч после обеденного перерыва. В течение перерывов проводят физиопрофилактические процедуры (тепловые гидропроцедуры, массаж, ультрафиолетовое облучение, лечебную гимнастику и др.). Особые требования существуют к конструкции приборов: они должны иметь форму, обеспечивающую минимальное напря-

жение мышц кисти и верхнего плечевого пояса работника. Уменьшить воздействие воздушного ультразвука можно повышением рабочей частоты генератора до 22 кГц.

УДК 331.45

Монтаж охранно-пожарной сигнализации: общие правила безопасности

Студенты гр.11301114: Лодято А.П, Милевский П.А.
Научный руководитель: Пантелеенко Е. Ф.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Монтаж охранно-пожарной сигнализации (ОПС) выполняют организации, имеющие специальное разрешение (лицензию) на осуществление данного вида деятельности.

Согласно нормам противопожарной безопасности ответственный объект без ОПС не может быть принят в эксплуатацию. Установка систем включает: монтаж различного оборудования, извещателей, устройств и прокладку кабельных линий. Электромонтажники обязаны руководствоваться инструкциями и правилами техники безопасности. Работы могут проводиться как на открытом воздухе или в недостроенном помещении, так и в цехе или лаборатории производства. Но независимо от места проведения работ существуют основные важные моменты:

1) К работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний, прошедшие инструктаж, имеющие профессиональную подготовку и группу по электробезопасности не ниже III;

2) Приступая к работе монтажник убеждается в отсутствии напряжения непосредственно на участке работы;

3) Работник не поднимает бухты кабеля или приборы массой свыше 35 кг (для женщин – 20 кг.);

4) Прокладка кабельных линий в коллекторах или колодцах осуществляется только при использовании переносных ламп напряжением не более 12 В;

5) Весь инструмент монтажника имеет изолирующие рукоятки (в противном случае работник применяет диэлектрические перчатки);

6) Работа вблизи от подземных коммуникаций проходит только в присутствии ответственного мастера (вблизи действующих кабельных линий – в присутствии работника энергосистемы);

7) Прокладка линий возле сетей переменного тока проводится двумя мастерами, где один – наблюдающий;

8) Установка оборудования и кабельных линий на высоте осуществляется с применением приставных лестниц или стремянок с обязательным присутствием страхующего лица;

9) Монтажник знает правила и имеет практические навыки оказания доврачебной медицинской помощи при несчастных случаях и приемы освобождения от действия электрического тока лиц, попавших под напряжение;

10) Монтажник обязательно применяет спецодежду и необходимые средства индивидуальной защиты;

11) Работники соблюдают правила внутреннего трудового распорядка, а также правила поведения на территории организации, в производственных, вспомогательных и бытовых помещениях, инструкции, правила пожарной безопасности.

Студент гр. 11303114: Шульжицкий Д.С.
Научный руководитель: Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Инженер-электроник обеспечивает техническую исправность электронно-вычислительных машин и элементов оборудования, производит их ремонт и наладку. В процессе работы он подвергается воздействию ряда опасных и вредных факторов: повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучений, статического электричества и запыленности воздуха; повышенное содержание положительных и отрицательных аэроионов в воздухе; не соответствующие нормам параметры микроклимата и освещенности; электрический ток; повышенное содержание в воздухе вредных веществ, выделяющихся при пайке и сварке; психофизиологическое перенапряжение. Исходя из специфики работы инженера-электроника, существуют следующие особые требования по охране труда.

Соблюдение правил электробезопасности при выполнении ремонтных и наладочных работ: обесточить оборудование; следить за исправностью всех необходимых электрозащитных средств; при необходимости ограждать токоведущие части, оставшиеся под напряжением, и устанавливать предупреждающие знаки безопасности; применять исправный ручной инструмент с изолирующими ручками; подвешивать провода ручного электроинструмента.

При выполнении пайки: пользоваться труднозагорающейся одеждой и защитными очками, предохраняющими глаза от лучистой энергии и брызг металла; проводить работы в помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией; пользоваться пинцетом для поддержания припаиваемых элементов; избегать попадания флюса на кожу; при использовании газовых сред следить за герметичностью системы их подачи; соблюдать правила пожарной безопасности.

Запрещено пользоваться инструментом, приспособлениями и оборудованием, безопасному обращению с которым он не обучен. По окончании работы необходимо тщательно вымыть руки теплой водой с мылом.

При наладке техники и работе с видеодисплеями: располагаться на расстоянии 600–700 мм от экрана; продолжительность непрерывной работы с видеомонитором без регламентированного перерыва не превышает 2 ч; при установке компьютеров соблюдать минимальное безопасное расстояние между ними – 1,5 м (если дисплей жидкокристаллический); для снятия зрительного и иотонического напряжения в процессе работы устраивать микропаузы продолжительностью 1–3 мин.

При соблюдении вышеперечисленных правил существенно сокращается возможность возникновения профессиональных заболеваний у инженера-электроника (заболевания кистей рук, глаз, дыхательных путей, остеохондроз), а также получения травм на рабочем месте.

УДК 331.45
Безопасность при производстве радиоэлектронной аппаратуры и проведении экспериментов

Студенты гр. 11303114: Чижонок М.В., Поведайко А.Д.
Научный руководитель: Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

При производстве радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) выполняется широкий перечень работ, связанных как с производством отдельных элементов из керамики и ферритов, так и сборочные и отладочные операции. При проведении этих работ есть следующие вредные и опасные для работника факторы: вибрация; движущиеся (вращающиеся) элементы пресса и оборудования для механической обработки; повышенная температура (печи для термической обработки); воздействие вредных веществ и пыли на кожу, слизистые и органы дыхания; световое и рентгеновское излучение при сварке; лазерное излучение при резке; взрывоопасные газы; электрический ток. Поэтому, проведение работ по изготовлению и отладке РЭА требует соблюдения определенных правил техники безопасности и требований к установке и устройству оборудования:

- 1) Выполнение эксперимента осуществляется с участием как минимум одного высококвалифицированного инженера и одного рабочего.
- 2) Персонал, обслуживающий печи для термической обработки, в обязательном порядке обучается и проходит стажировку;
- 3) Помещение печного зала оборудуется приточно-вытяжной вентиляцией, приточный воздух подается в рабочую зону рассеянно со скоростью не более 1,5 м/с;
- 4) Конструкция оборудования и вытяжных устройств, где могут выделяться вредные вещества, исключает их проникание в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих ПДК;
- 5) В местах образования и выделения вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ в виде газов, паров и пыли, установлена система местных отсосов;
- 6) Очистка изделий и обеспыливание после обжига проводится в укрытиях типа вытяжного шкафа или на монтажных столах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией;
- 7) Сварочные работы и лазерная резка осуществляются в соответствии с инструкциями по проведению работ на оборудовании, обеспеченном необходимыми мерами защиты;
- 8) Место проведения экспериментальных работ в производственных условиях выделяется временными ограждениями и там во время эксперимента не присутствует посторонних работников;
- 9) Эксперимент проводится в смену, когда работает наименьшее количество людей;
- 10) Оборудование подключено к отдельному электросчету с отключающим устройством. Проводники подсоединяются и отсоединяются при отключенном электропитании;
- 11) Проведение механических, монтажных и тому подобных работ выполняется только на отключенном оборудовании.
- 12) По окончании экспериментальной работы, по указанию руководителя работ проводят демонтаж оборудования.

Пожарный гидрант как источник питьевой воды

Студентка гр. 11101612: Цурковская А.А.

Научный руководитель: Ушакова И.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Гидрант пожарный – устройство для отбора воды из водопроводной сети для тушения пожара. Рабочее положение гидрантов – вертикальное. Гидранты устанавливают в колодцах с помощью пожарной подставки на промытых водопроводных сетях перед их гидравлическими испытаниями. Различают подземные и наземные пожарные гидранты. Подземные размещаются в колодце, закрытом крышкой, либо устанавливаются на пожарную подставку и засыпаются грунтом, в случае так называемой бесколодезной установки. При бесколодезной установке гидрант засыпается не полностью, а верхняя его часть с резьбой для навинчивания пожарной колонки прячется под ковер с лючком. Для отбора воды на подземные гидранты навинчивается пожарная колонка, имеющая два выходных патрубка для подсоединения рукавов. Пример наземного пожарного гидранта – гидрант-колонка, служащая для отбора воды как на хозяйственные, так и пожарные нужды. Она представляет собой совмещенный вариант водоразборной колонки и наземного пожарного гидранта.

Водопроводные линии, как правило, прокладывают под землей. Допускаются наземная и надземная прокладки, прокладка в тоннелях, а также прокладка водопроводных линий в тоннелях совместно с другими подземными коммуникациями, за исключением трубопроводов, транспортирующих легковоспламеняющиеся и горючие жидкости и горючие газы. При прокладке линий противопожарных (и объединенных с противопожарными) водопроводов в туннелях пожарные гидранты должны устанавливаться в колодцах. При наземной и надземной прокладке водопровода надземные гидранты устанавливаются непосредственно на сети. При этом пожарные гидранты и отключающая арматура должны размещаться в наземных камерах, исключающих замерзание пожарных гидрантов при отрицательных температурах наружного воздуха.

Основной функцией гидрантов является тушение пожара и они, как правило, подключены к одному трубопроводу, который передает высококачественную питьевую воду. Гидранты находятся по всему городу в пределах 150 метров.

Однако существует проблема снабжения питьевой водой на улицах городов. Доступ к питьевой воде в публичных местах ограничен. Сложен вопрос утилизации пластиковых бутылок. Горожане стремятся утолить жажду в любой ситуации. Возникает опасность заболеваний. В Европе потребление водопроводной воды резко увеличилось за последние десятилетия. Качество питьевой воды должно строго удовлетворять санитарные нормы.

Редко встретишь в городах фонтанчики с водой. Это требует финансовых вложений.

Существует решение использование гидрантов в качестве источников питьевой воды. На рисунке представлен такой РеГидрант. Он имеет специальную конструкцию в виде мобильного устройства, надеваемого на гидрант. Для того, чтобы пить из РеГидранта, прикрепленного к гидранту, нужно просто нажать кнопку и вода потечет из отверстия в верхней части устройства.

К примеру, в Будапеште существуют гидранты (РеГидрант), способные превращать пожарные гидранты в легко пригодные для использования питьевые фонтанчики. Эти питьевые краны размещаются или удаляются с гидрантов одним легким действием. Поэтому устройство не затрагивает главнейшую функцию противопожарной защиты. Питьевой гидрант и мобильное устройство «питьевой фонтан» обеспечивают общедоступную воду с гораздо меньшими стоимостями, чем обычный питьевой фонтан, и являются очень экономичным ответом на отсутствие воды в городских районах.



Рисунок 1 – Пожарный гидрант (РеГидрант)

УДК 614.84.084(476)

Безопасность использования лазера в строительном производстве

Студентки гр. 11203113: Жук Н.А., Мирошниченко В.П.
Научный руководитель: Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В строительстве применяются жидкостные уровни, нитяные отвесы и уголки. Точность и потребительские качества этих инструментов в связи с возрастающими требованиями уже не удовлетворяет потребностям. На помощь приходят высокие технологии и достижения науки и техники – лазерное оборудование.

В строительстве все лазерное оборудование в зависимости от предназначения и конструктивных особенностей можно разделить на группы:

- Лазерные уровни (самовыравнивающиеся, ротационные);
- Лазерные построители направлений;
- Лазерные построители плоскостей (статистические нивелиры);
- Ротационные лазерные построители плоскости (ротационные нивелиры);
- Лазерные приборы вертикального проектирования – это инструмент, предназначенный для перенесения плановых координат точек с одного высотного горизонта на другой;
- Трубные лазеры;
- Лазерные рулетки;
- Толщиномеры;
- Дефлектоскобы.

Поскольку лазерный процесс может создать мощный коллимационный луч оптического излучения (то есть, ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной лучистой энергии), то лазер может быть опасным даже на больших расстояниях. Лазерное излучение с длиной волны от 380 до 1400 нм представляет наибольшую опасность для сетчатой оболочки глаза, а излучение с длиной волны от 180 до 380 нм и свыше 1400 для передних сред глаза. Повреждение кожи может быть вызвано лазерным излучением любой длины волны спектрального диапазона (180–10⁵ нм) облучения лазерными лучами может вызвать нарушение деятельности центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, эндокринных желез, свертывание или распад крови, повреждение глаз, кожи, повышенную утомляемость, головные боли, расстройство сна и др. Чем выше класс лазерной установки, тем выше опасность воздействия излучения на персонал и тем большее количество факторов опасного и вредного воздействия проявляется одновременно.

Все стандарты нормирования лазерных излучений используют систему классификации опасностей, которая группирует лазерные устройства в один из четырех классов основных опасностей.

Биологические эффекты воздействия лазерного излучения на организм человека определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустической и др.) и зависит от длины волны и излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

В настоящее время предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения устанавливает СанПиН 2.2.4.13–2–2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий», в котором отражается следующее:

– устанавливается ПДУ лазерного излучения в диапазоне длин волн $180–10^5$ нм при различных условиях воздействия на человека;

– предельно допустимые уровни лазерного излучения устанавливаются для двух условий облучения – однократного и хронологического для трех диапазонов волн: 1.180–380 нм; 2.380–1400 нм; 3.400– 10^5 нм.

Система классификации безопасности лазеров весьма облегчает выработку необходимых мер безопасности. На практике всегда более желательно полностью закрыть лазер и траекторию прохождения луча для того, чтобы сделать недоступным потенциально опасное лазерное излучение.

Как правило, в строительных измерительных приборах используются диоды, относящихся ко второму классу лазеров, то есть относительно безопасные для глаз и не требующие дополнительной защиты.

Средства защиты от лазерного излучения подразделяются на коллективные и индивидуальные. Меры безопасности включают организационные, технические, планировочные, санитарно-гигиенические мероприятия, обеспечивающие уменьшение плотностей потоков энергии на рабочих местах. Наиболее эффективным методом защиты является экранирование. Они могут быть в виде прозрачных и не прозрачных экранов, препятствующих выходу лазерного излучения.

УДК 331.453

Соблюдение требований по охране труда при привлечении специалистов к работе по рабочим профессиям

Студент гр. 10503115: Панкова В.С.

Научный руководитель: Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Рабочая профессия и должность – это два слова, которые чаще всего используются взаимозаменяемо большинством. Однако многие не знают разницы между этими двумя словами. Слова на самом деле относятся к двум совершенно другим вещам.

Должность – это работа или набор видов деятельности. Это относится к любой категории работы, которая последовательно выполняется. Рабочая профессия относится к конкретным категориям занятий, которые требуют часто образования или обучения.

В настоящее время некоторые работодатели не желают видеть разницу между рабочей профессией и должностью. Они считают, что электрик может стать за фрезерное оборудование вместо отсутствующего фрезеровщика и выполнить его план на день. Такие действия происходят для того, чтобы выполнить производственный план и не ухудшить производственные показатели. Они считают, что мастер имеет высшее (специальное) образование, очень хорошо знает технологический процесс. Он также руководит участком производства, который включает в себя множество оборудования и подчиненных ему рабочих.

Однако мастер обременен выполнять свои должностные обязанности, не занимаясь «сторонними» делами и не выполнять работу, которая несвойственна его должности.

Не должен прораб возводить стены и перекрытия этажей или главный инженер, настраивать оборудование – это не входит в их должностные обязанности. Для таких целей существуют рабочие профессии. Цель руководителя и специалистов является оценка рабочих мест и определение всех опасностей на нем, устранение или снижение риска травм и заболеваний, связанных с работой. Также целью работ по охране труда является обеспечение того, чтобы сотрудники могли эффективно выполнять свою работу. Меры безопасности на рабочем месте включают не только очевидные угрозы, такие как детали машин, опасные материалы и воздействие токсичных веществ, но также падения, скольжения и поездки, электрооборудование и пожаробезопасность [1].

Необходимо осуществить процесс идентификации опасности, оценки риска, контроля рисков и оценки мер контроля. Эффективное управление рисками для здоровья и безопасности также включает обучение, консультации, документацию о деятельности в области охраны труда и пожарной безопасности [2]. Невозможно осуществить контроль за своими подчиненными, если руководитель занят «сторонними» делами.

Также, одной из проблем в организации является отсутствие рабочих таких как энергетик, механик и других подобных профессий. И поэтому должностные лица организации вынуждены сами выполнять всю данную работу.

Специалист, который выполняет работу по рабочей профессии, перед допуском к работе по рабочей профессии должен пройти обучение и инструктаж по охране труда, а если работа предполагает повышенную опасность, то дополнительно проводится медицинский осмотр и проверка знаний по вопросам охраны труда [3].

Необходимо понимать, что рабочие профессии требуют всякого рода подготовки и прохождения разных процедур по охране труда, которые предусмотрены соответствующими нормативными актами. Для некоторых профессий достаточно провести инструктаж по охране труда, а другим необходимо еще пройти проверку знаний.

Это зависит, прежде всего, от орудия производства, которое используется работниками для повышения результативности труда.

У рабочих существует возможность совмещать несколько профессий и выполнять их в течение рабочего дня. Должностное лицо не в состоянии в полной мере выполнять свои обязанности и осуществлять работу инженером. Данные действия могут привести к возникновению риска для здоровья и безопасности его и окружающих.

Таким образом, руководители, которые выполняют работу по профессиям рабочих, должны иметь свидетельство установленного образца, в котором указано получение им соответствующей профессии и быть оформлены в организации для выполнения этих работ по совместительству.

Они могут выполнять работу по профессии рабочего в свободное от основной работы время на условиях другого трудового договора и пройти необходимые процедуры по охране труда.

Не стоит замещать понятия и вынуждать должностное лицо неофициально совмещать свои обязанности с работой по профессиям рабочих, что умышленно нарушает требования законодательства о труде и об охране труда.

Список использованных источников

1. Алексеев В.С. Безопасность жизнедеятельности в вопросах и ответах / В.С. Алексеев, Е.О. Мурадова, И.С. Давыдова. – М.: ТК Велби, 2006. – 208 с.
2. Об утверждении инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда. Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 25 ноября 2008 г. № 175.
3. Межотраслевые общие правила по охране труда: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, 30 сентября 2011 г., № 96 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2011. – № 125. – 8/24335.

Аттестация рабочих мест по условиям труда

Студент гр. 10503115: Вечерский М.В.

Научный руководитель: Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Аттестация рабочих мест по условиям труда является неотъемлемой частью деятельности любой организации так, как по результатам аттестации, в случае выявления вредных для здоровья работника факторов, трудящемуся могут предоставляться дополнительные выходные, компенсации, сокращенный рабочий день и др. Приказ нанимателя об утверждении результатов аттестации должен быть издан в 6-месячный срок со дня создания новых рабочих мест. В дальнейшем аттестация проводится один раз в 5 лет. Причем начало проверки должно быть назначено на дату не позднее срока истечения пяти лет с момента окончания последней проверки.

Основными целями проведения аттестации являются: принятие решения о предоставлении работнику права на пенсию по возрасту за работу с вредными условиями, об обязательном пенсионном страховании, определение права на дополнительное время отдыха (дополнительный отпуск, выходной, сокращенный рабочий день), а также право на материальную компенсацию (надбавку к зарплате, дополнительные выплаты).

Размеры предоставляемых прав регламентируются основными нормативными правовыми актами, регулирующими порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда:

- Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22.02.2008 № 253 «Об аттестации рабочих мест по условиям труда»;
- Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденная постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22.02.2008 № 35 «Об утверждении Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства труда Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь».

После издания приказа директора о проведении проверки создается аттестационная комиссия, причем комиссия может создаваться и в структурных подразделениях предприятия. Затем составляется план мероприятий и график их выполнения. Все работы, связанные с проверкой рабочих мест, проводятся аттестационной комиссией. Законом не регламентируется состав комиссии, все решения, кто войдет в ее состав, принимаются руководителем. Однако рекомендуется, чтобы в состав комиссии входили представители юридических, технологических, медицинских отделов, а также работники подразделений, отвечающих за формирование заработной платы и охрану труда.

Однако, также при определении данного перечня могут учитываться и предложения непосредственных рабочих. После поступления подобного предложения аттестационная комиссия решает, являются ли условия труда на данном месте вредными для здоровья. В случае положительного решения данное рабочее место включается в перечень аттестуемых мест.

После того как перечень проверяемых мест составлен, необходимо определить факторы, которые могут негативно сказаться на здоровье работника. Замеры производятся представителями лабораторий, которые могут находиться на самом предприятии, так могут и наниматься отдельно. Причем данные лаборатории должны быть аккредитованы на совершение подобных замеров в реестре РБ. При заключении соглашения со сторонними лабораториями руководитель предприятия должен удостовериться, что нанимаемая организация вправе производить все необходимые для его предприятия замеры. Все замеры обязательно производятся в присутствии членов аттестационной комиссии. Далее результаты измерений заносят в карту условий труда на рабочем месте. В случаях, когда должность рабочего подразумевает перемещение от одного рабочего места к другому, проводятся несколько замеров на тех местах, где чаще всего бывает данный работник, и затем берется усредненный показатель.

По результатам проведенной аттестации рабочих мест по условиям труда у нанимателя в наличии должен быть следующий перечень документов:

- приказ нанимателя о проведении аттестации и создании аттестационной комиссии;
- перечень рабочих мест организации, подлежащих аттестации, с указанием аналогичных рабочих мест и оцениваемых факторов условий труда;
- копия аттестата аккредитации на право проведения измерений и оценок условий труда привлекаемой для проведения этой работы организации с приложением, характеризующим область ее аккредитации (или выписки из области аккредитации, заверенной в установленном порядке);
- карты фотографии рабочего времени;
- карты аттестации рабочего места по условиям труда;
- протокол аттестационной комиссии о завершении работы по аттестации рабочих мест по условиям труда;
- протоколы измерений и исследований;
- приказ нанимателя об утверждении результатов аттестации.

Таким образом, аттестация рабочих мест является обязательной для каждого предприятия и ошибки, сделанные при ее проведении, могут повлечь за собой тяжёлые последствия, как для работника, так и руководителя.

УДК 331.464

Охрана труда в европейском союзе

Студентки гр. 10503115: Марцинкевич В.В., Федотова Н.И.

Научный руководитель: Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Одной из приоритетных задач государств-членов Европейского союза является охрана здоровья и безопасность труда на рабочем месте. Трудовое право Европейского сообщества на первом месте – это закон его различных государств-членов. Только в качестве исключения (Франция), оно включено в Кодекс законов о труде. По большей части (как в Германии) он содержится в нескольких отдельных уставах. Как и в Японии, государства-члены Европейского сообщества обязаны соблюдать соглашения Международной организации труда, которые они ратифицировали. Эти соглашения не оказывают прямого влияния на внутреннее законодательство государств-членов. Они только обязывают отдельные государства платить за эти соглашения и включать их в свой национальный закон. Они контролируются специальными органами Международной организации труда. Кроме того, есть обязательства по Европейской конвенции о правах человека и Европейской социальной хартии, выпущенных Советом Европы. Также демократические европейские государства, не входящие в Европейский Союз, входят в состав Совета Европы. Но в основном, трудовое законодательство в Европе отмечено законодательством Европейского сообщества.

Первоначальная версия Договора об учреждении Европейского экономического сообщества от 25 марта 1957 года, уже включало несколько положений, имеющих важное значение для трудового права, а именно о свободном передвижении рабочих (статья 48 и далее ЕЭС), согласование социального обеспечения и сотрудничества государств-членов в социальных вопросах (статья 117 и далее, 120 и далее ЕЭС), а также о равной оплате труда мужчин и женщин (статья 119 ЕЕС).

Единый европейский закон, подписанный 28 февраля 1986 года, добавил статьи 118a и 118b к Договору ЕС. Статья 118a объявила о согласовании и совершенствовании законодательства о гигиене и безопасности труда в качестве цели Сообщества. Статья также разрешила Совету принять директивы по минимальным требованиям в этом поле. Статья 118b обязывает Комиссию прилагать усилия для развития диалога между социальными партнерами на европейском уровне, который, если обе стороны сочтут это желательным, приведет к отношениям, основанным на согласии.

Договор о Европейском союзе от 7 февраля 1992 года не содержит каких-либо дополнительных положений в области трудового права и социального права. Тем не менее, специальный протокол и соглашение о социальной политике, подписанное всеми государствами (кроме Великобритании), разрешали законодательство о единых стандартах в области трудового права и социального права, в том числе коллективных договоров профсоюзов. Лишь регулирование фактической валовой заработной платы, свободы ассоциации и закона о торговых спорах по-прежнему было исключено.

В то же время эти положения о трудовом законодательстве и социальном праве были включены в новой версии Договора ЕС, пересмотренной Амстердамским договором. Соответствующие правила теперь являются статьей 136. Последующее положение о скоординированной стратегии занятости государств-членов и Европейского союза были добавлены в статью 125 и далее.

Постепенно были изданы несколько положений и директив на основе упомянутых положений Договора ЕС. Почти 30 директив относятся к значительным сферам трудового права. Подчеркиваются вопросы охраны труда и техники безопасности, обеспечения равного обращения с мужчинами и женщинами, запрета дискриминации, защиты работников в случае несостоятельности или передачи бизнеса, регулирования конкретных форм занятости, таких как работа на неполный рабочий день, долгосрочные контракты и трудоустройство агентств, а также закон о представительстве сотрудников в компании.

Постепенно на основе статьи 139 ЕС появляются соглашения между Европейскими социальными партнерами. Согласно этому правилу, диалог между социальными партнерами на уровне Сообщества может привести к договорным отношениям, включая заключения соглашений. Директивы Европейского сообщества направлены на государства-члены в качестве партнеров по Договору ЕС и должны быть реализованы законодателем.

7 декабря 2000 года Европейский Совет провозгласил правительства государств-членов Уставом основных прав Европейского Союза. Устав содержит несколько основополагающих социальных прав, таких как свобода ассоциации в статье 12, свобода выбора профессии и право на участие в работе в статье 15, принцип недискриминации в статье 21, право работника на информацию и консультации в рамках обязательства по статье 27, права на ведение коллективных переговоров и действия в статье 28 и защиту в случае неоправданного увольнения в статье 30, чтобы назвать лишь некоторые из них. Устав носит чисто формальный характер, не имеющий обязательной силы, но включает в себя выводы, в которых признаются права, которые уже широко распространены в других местах. Поэтому следует ожидать, что ЕСЮ будет все чаще адаптировать свое решение в отношении основных прав на Хартию.

Список использованных источников

1. Охрана труда: учебное пособие / В.Г. Андруш [и др.]. – Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2017. – 333 с.
2. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебник / Г.И. Беляков. – М.: Юрайт, 2013. – 572 с.
3. Охрана труда: учебник / Г.А. Вершина [и др.] – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 511 с.

УДК 331.453

Требования к организации рабочего места и проведению работ

Студентка гр. 10503115: Федотова Н.И.

Научный руководитель: Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Как бы не шел технический прогресс и повсеместное внедрение на производстве робототехники, повседневные услуги электрика, автослесаря, дворника и других нужных рабочих всегда будут востребованы обществом, а поэтому эти профессии окружены неусыпной заботой врачей, занимающихся профилактикой заболеваемости и профессиональной патологии.

Для обеспечения оптимальных условий труда в организации менеджер обязан руководствоваться утв. постановлением [1], которое устанавливает гигиенические требования к ручным машинам, ручным механизированным и немеханизированным инструментам, правила организации работ с такими инструментами и рекомендации по профилактике возможных неблагоприятных последствий при работе с ручным инструментом.

Санитарные правила и нормы 2.2.2.11–34–2002 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ», требования которого обязательны для соблюдения всеми государственными органами и общественными объединениями, предприятиями и иными хозяйствующими субъектами, организациями и учреждениями, независимо от их подчиненности и форм собственности, указывает, что рабочее место при работе с ручным инструментом должно соответствовать требованиям [3, 4]. Управленец должен следить, чтобы все рабочие места, расположение оборудования и обрабатываемых материалов обеспечивали удобную позу, близкую к оптимальной при минимальной физической нагрузке при выполнении технологических операций; углы отклонения тела относительно нормального физиологического положения при выполнении технологических операций должны быть минимальными. СанПиН требует, чтобы каждое рабочее место было оборудовано подстраиваемыми подставками для опоры рабочего, для предплечий применялись мягкие опоры без элементов, пережимающих кровеносные сосуды и мягкие ткани рук, а каждое рабочее место – оборудовано удобным сиденьем для работы и отдыха.

Если выполнение трудовых обязанностей предусматривает нахождение рабочего в неудобной позе на коленях, то следует использовать теплоизолирующие виброгасящие прокладки в виде наколенников или ковриков из пористой резины [2].

При проведении работ при уровнях вибрации и шума, превышающих предельно-допустимые уровни (ПДУ), работы должны выполняться с ограничением времени их выполнения и обязательным применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

При проведении работ в закрытых отапливаемых помещениях параметры микроклимата на рабочем месте должны соответствовать требованиям санитарных норм микроклимата производственных помещений, а при невозможности обеспечения требуемых значений параметров микроклимата или при работах на открытых площадках, работники должны быть обеспечены теплыми помещениями для отдыха и обогрева.

При работах в условиях запыленности или с выделением химических и биологических веществ, управленец должен проследить, чтобы рабочие были обеспечены сред-

ствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожных покровов, а рабочее место было оборудовано местной вытяжной вентиляцией.

Требования санитарных правил обязательны для соблюдения всеми государственными органами и общественными объединениями, предприятиями и иными хозяйствующими субъектами, организациями и учреждениями, независимо от их подчиненности и форм собственности, должностными лицами и гражданами, а их несоблюдение признается посягающим на права граждан и интересы общества противоправным деянием, в независимости умышленное оно или совершенное по неосторожности.

Должностные лица и граждане, допустившие санитарное правонарушение, могут быть привлечены к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности.

Список использованных источников

1. Санитарные правила и нормы 2.2.2.11–34–2002 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ», утв. постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 160 от 31.12.2000.

2. ГОСТ 12.2.049–80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования – Введ. 01.01.82. – М.: Государственный комитет по стандартам, 1980. – 20 с.

3. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации автомобильного и городского электрического транспорта, утверждено Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 04.12.2008 № 180/128 (в редакции постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 03.12.2014 № 103/40).

4. Фасевич Ю.Н. Требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работах, выполняемых вручную / Ю.Н. Фасевич, Д.Н. Манько // Новые материалы и технологии их обработки: сб. науч. работ XVII Республ. студенч. науч.–техн. конф., (Минск, 19–20 апреля 2017 г.) / редкол: И.А. Иванов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 232.

УДК 331.451

Передовой опыт управлением рисками в области охраны труда

Студентка гр. 10503115: Марцинкевич В.В.

Научный руководитель: Фасевич Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Предприятия и различные социальные фонды стремятся управлять профессиональными рисками, и инициатива находит отклик у органов власти. Внедряемая система профилактических мер, предприятия побуждают принимать активные меры по предупреждению и управлению рисками. В целом, политика в области охраны труда направлена на охрану здоровья работника, на обеспечение его безопасности на рабочем месте. Можно говорить о том, что в Европе власти реализуют принцип социальной ответственности предприятий.

В Странх Европейского союза действует национальное и международное законодательство, которое позволяет сократить профессиональные риски. Однако, стоит заметить, что эффективность зависит от страны, сектора экономики, предприятия, категории работников и т.п. В связи с этим различные органы и инспекции в первую очередь обращают внимание на превентивные меры, которые призваны сократить данные риски.

Так как природа рисков не может оставаться неизменной, система определения и профилактики рисков постоянно изменяется.

Защита работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний по-прежнему остается острой проблемой в европейской системе охраны труда. К решению

проблемы создания комфортных условий на производстве используется глобальный подход, который определяет консолидированные действия в рамках превентивной политики [1]. К решению данной проблемы привлечены все участники процесса, в том числе работодатели, работники, институты. Используются все возможные инструменты: конвенции, правовые нормы и т.д. В Евросоюзе есть тенденция объединения вопросов, касающихся охраны здоровья и безопасности труда с политикой в сфере образования. В течении всей жизни участников стремятся привлекать к системно и планомерно проводим мероприятиям по вопросам здравоохранения и окружающей среды.

Оценка профессиональных рисков на рабочих местах в странах Европейского союза проводится в соответствии с законами и директивами в области охраны труда и безопасности рабочего места Евросоюза. Эти нормативные акты принимаются в Брюсселе и имеют общий характер, каждая страна должна перевести их в национальное законодательство.

К примеру, в странах Европейского союза действует «Директива Совета Европы от 29 мая 1990 г. о минимальных требованиях в отношении безопасности и охраны здоровья при работе с компьютерами», на основании которой работодатель проводит анализ рабочего места в офисе, в ходе которого определяется, есть ли риск нанести вред зрению сотрудника, не будет ли он испытывать физический дискомфорт и психические нагрузки [2]. Например, в Германии действуют такие требования: размер рабочего стола не может быть меньше 160×80 см. Рабочее место должно быть просторным, а его поверхность низкоотражающей. Расстояние от глаз работника до монитора компьютера – 45–80 см. (такой разбег в цифрах вызван индивидуальным подходом к каждому офисному работнику, критерием расчета данного расстояния служит рост сотрудника) [3].

За тем как выполняются нормы охраны труда в Германии следят профессиональные кооперативы (или страховые товарищества), никакого отношения к профсоюзам данные организации не имеют. Это самоуправляемый орган общественного права, который образуется по отраслевому принципу. Основная задача данной организации – предотвратить несчастные случаи на рабочих местах. Сотрудники профессиональных кооперативов (инспекторы) регулярно посещают предприятия и проверяют как соблюдаются нормы и законы в области охраны труда. Если на фирме обнаруживаются нарушения, то она обязана оплатить штраф. Финансирование профессиональные кооперативы получают за счет обязательных членских взносов, которые уплачиваются предприятиями, это также позволяет проводить оценку профессиональных рисков на рабочих местах бесплатно.

В Евросоюзе стремятся стимулировать работодателя снижать риски возникновения профессиональных заболеваний. Для этого страховые компании за бережное отношение к сотрудникам предоставляют скидки на социальные взносы. С этой целью разработан перечень критериев, который обязывает инспекторов обращать внимание даже на такие факт, как посещение работниками окулиста, если в течении своего рабочего времени он постоянно находится за компьютером. Страховые взносы снижаются в зависимости от того, скольким критериям отвечает предприятие [4].

В Беларуси же пока основная задача управления системой охраны труда – переход «от реагирования на страховые случаи и материальной компенсации к системе оценки и управления профессиональными рисками повреждений здоровья работников».

Список использованных источников

1. Директива совета 89/656/ЕЭС относительно использования средств индивидуальной защиты на рабочем месте
2. Фасевич, Ю.Н. Оценка условий труда на рабочих местах, оборудованных персональными компьютерами / Ю.Н. Фасевич, М.Ю. Безмен // Новые материалы и технологии их обработки: сб. науч. работ XVII Республ. студенч. науч.-техн. конф. (Минск, 19–20 апреля 2017 г.) / редкол: И.А. Иванов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 179.
3. Директива совета 90/270/ЕЕС о работе за экранами дисплеев.

4. Директива совета 89/391/ЕЭС. Общие принципы профилактики и основы охраны труда.

УДК 620.9:658.345

Влияние короткого замыкания на фактор взрывонепроницаемости

Студенты гр. 10603314: Подоляко К.А., Волынчикова Е.В, Тюшкевич Е.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Во взрывоопасных зонах классов В–I, В–Ia, В–Iг, В–II недопустимо применение электрооборудования общего назначения. В этих условиях должно применяться взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащищенность обеспечивается одним или несколькими принципами взрывозащиты: взрывонепроницаемость, повышенной надежностью против взрыва, искробезопасность и т.п.

Во взрывонепроницаемом электрооборудовании все электрические части машин и аппаратов заключаются во взрывонепроницаемую оболочку, назначение которой – исключить возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды от электрооборудования при любых режимах его работы. Это достигается благодаря сочетанию трех факторов: взрывонепроницаемости, взрывоустойчивости и температурного режима оболочки.

Сущность фактора взрывонепроницаемости заключается в том, что если образуемые фланцами зазоры, через которые полость оболочек сообщается с внешней средой, имеют достаточно малую высоту при сравнительно большой ширине, то через них взрыв не будет передаваться наружу. В процессе эксплуатации взрывонепроницаемого электрооборудования взрывоопасные смеси могут проникать внутрь оболочки. Внутри оболочки могут возникать искрения или чрезмерный нагрев отдельных токоведущих частей, как при нормальной работе электрооборудования, так и вследствие какой-нибудь неисправности (ослабление контакта, обрыва проводника, повреждение изоляции и т.п.), что приводит к взрыву газопаровоздушной смеси, проникшей внутрь оболочки. В результате внутреннего взрыва в оболочке могут возникать короткие замыкания (к.з.) из-за ионизации воздушного промежутка между электродами. Под действием электрической дуги происходит расплавление, испарение и разбрызгивание металла электродов. Установлено, что раскаленные дугой к.з. газы и металлические частицы (при выбросе из оболочки через фланцевые зазоры) представляют значительно большую опасность для передачи взрыва наружу, чем продукты взрыва газопаровоздушных смесей, воспламеняемых искрой от магнето. Опыты с метано-воздушной смесью показали, что для обеспечения одинаковой вероятности передачи взрыва через фланцевые зазоры при воспламенении смеси электрической дугой и электрической искрой от магнето высота зазора в первом случае должна быть в два раза меньше, чем во втором.

С другой стороны, пары и брызги расплавленного металла электродов осаждаются на стенках и крышке оболочки. Происходит своеобразная их металлизация. При кристаллизации и охлаждении металлизированного слоя в оболочке и ее крышке возникают внутренние напряжения механического характера, вызывающие прогиб крышки, в результате чего изменяется высота первоначального взрывонепроницаемого зазора. Это приводит к нарушению параметров взрывозащиты, хотя его взрывозащитные поверхности остаются без видимых следов повреждения. Последнее подтверждено исследованиями.

Поведение контактов при к.з. будет определяться их конструктивной особенностью (подвижные или неподвижные) и режимом работы (включение контакта на к.з., протекание по включенным контактам тока к.з., включение тока к.з.). Неподвижные контакты могут работать только в одном режиме – протекание по контактам тока к.з. Рассмотрим поведение неподвижных контактов шинных и им подобных конструкций. Вследствие разных коэффи-

циентов линейного расширения болтов и шин и неодинакового их нагрева в болтах могут появляться значительные механические напряжения, иногда даже превосходящие пределы упругости материала, что приводит к ослаблению контактов, увеличению переходного сопротивления контакта и, как следствие, вызывает повышенный их нагрев даже в режиме последующей нормальной эксплуатации или отказ действия аппаратов защиты при повторных к.з. Часты случаи возникновения при эксплуатации пожаров в результате воспламенения бумажной или резиновой горючей изоляции кабелей и проводов из-за плохих контактных соединений. Так как нагревание плохого контакта не является результатом увеличения тока, то даже правильно выбранная и отрегулированная защита не будет реагировать на такие случаи и, следовательно, не сможем предупредить возможные возникновения пожара.

Простые способы автоматического обнаружения недопустимого повышения сопротивления в местах контактных соединений в настоящее время неизвестны. Возникающий при повторных к.з. опасный ток может оказаться ниже тока срабатывания аппарата защиты, но значительно выше допустимого тока для изоляции проводов и кабелей, что приведет к загоранию из-за отказа действия аппарата защиты. Подвижные контакты могут работать во всех трех вышеперечисленных режимах.

При включении подвижного контакта на к.з. в первый момент соприкосновения его с неподвижным контактом давления в контактах мало, а переходное сопротивление велико. Количество тепла, выделяемого в контакте будет очень большим, что вызовет расплавление контактов и при повторных касаниях – их сваривании. Вероятность сваривания, увеличивается с ростом скорости подвижных контактов и увеличением давления в них. При включении на к.з. большую роль играют электродинамические силы сужения и электродинамические силы конфигурации контура, образуемого контактами, которые были рассмотрены ранее. Особенно большую пожаро-взрывоопасность представляет такой режим в электрических сетях, в которых для нечастых включений–отключений используются автоматы или блоки выключатель–предохранитель.

Характер работы подвижных контактов в режиме «подвижный контакт во включенном положении» существенно отличается от режима работы неподвижных контактов в этом же режиме. Это обуславливается наличием переменной величины силы нажатия контактов и электродинамических сил. Характерно, что поведение подвижных контактов в этом режиме имеет некоторое сходство с металлическим к.з. между токоведущими жилами электроустановок, когда последние соединяются между собой под действием внешних сил. Поэтому характер процессов, происходящих при этом, рассмотрен более подробно в следующем параграфе. Характерным для этого случая является сваривание на отдельных площадках контактной поверхности или по всей поверхности контактов.

Характерным режимом работы контактов на отключение тока к.з. является оплавление контактов за счет электрической дуги отключения.

УДК 620.9:658.345

Меры безопасности при обслуживании газопроводов

Студент гр. 10604114: Каранкевич В.В.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

В колодцы газопровода разрешается спускаться в шланговом или изолирующем противогазе. Рабочий надевает предохранительный пояс с плечевыми лямками и страхующим канатом, надёжно к ним привязанным. Второй конец каната держит наблюдатель для того, что бы оказать срочно помощь и вытащить пострадавшего в случае отравления. В загазованной среде можно непрерывно работать не более 15 мин, работа должна чередоваться с отдыхом на чистом воздухе в течение 15 мин. При работах в колодцах бригада должна составлять не менее чем из трех человек, из них не менее двух человек должны оставаться на поверхности.

Перед спуском в колодец крышку или люк осторожно открывают ломом или крючком длиной 0,5 м (но не руками), хорошо вентилируют в течение 15 мин, проверяют содержание газа. Только после этого можно спускаться в колодец.

В котельных, работающих на газе, газопровод выполняется двойным или кольцевым для того, чтобы можно было отключить на ремонт любой участок газопровода без прекращения подачи газа. На вводе газопровода в здание котельной и на отводах от него к котлам имеются вентили, с помощью которых включают и отключают газ дистанционно или вручную, и отключающие устройства, автоматически прекращающие подачу газа в случае снижения или повышения давления против установленной нормы.

На вводе газопровода в котельную стоит регулятор давления газа. Вся эта арматура имеет специальное взрывобезопасное исполнение (омеднение деталей для исключения искр и др.), свободный доступ для обслуживания, указатели направления вращения маховика и степени открывания. Манометры на газопроводах имеют красные отметки пределов рабочего давления, так как газ можно использовать при давлении в газопроводе не менее 400 Па и не более установленного инструкцией во избежание нарушений технологического процесса и повреждения оборудования.

При заполнении газопровода газом образуется газовоздушная смесь, которая при определенных концентрациях является взрывоопасной.

Взрывоопасную смесь подавать в топку нельзя. При заполнении газопровода ее выпускают через специальные продувочные трубы – свечи в атмосферу. Продолжительность продувки газопровода при его заполнении не менее 10 мин для отводов от газопроводов котельной к котлам и не менее 15 мин для магистрального газопровода котельной. После продувки отбирается проба газа для анализа на присутствие в нем кислорода, содержание которого не должно превышать 1 %.

Чтобы газовоздушная смесь, выходящая из продувочных свеч, не попала случайно внутрь помещения и в вентиляционный канал, а также, чтобы исключить возможность поджога смеси от случайного источника зажигания, свечи выводятся на 2 м выше конька самого высокого здания, расположенного от свечи в радиусе менее 30 м.

Если участок газопровода выводится в ремонт, то его освобождают от газа, интенсивно продувая сжатым воздухом через продувочные линии при открытых свечах, а затем устанавливают с обеих сторон заглушки.

В плане работ указываются:

- последовательность проведения работ;
- расстановка людей;
- потребность в механизмах и приспособлениях;
- мероприятия, обеспечивающие максимальную безопасность проведения данных работ;
- лица, ответственные за проведение каждой газоопасной работы, за общее руководство и координацию работ.

Каждому ответственному лицу выдается отдельный наряд-допуск на проведение газоопасной работы в соответствии с планом работ. К плану работ и наряду-допуску прилагается исполнительный чертеж или выкопировка из него с указанием места и характера производственной работы.

Работы по локализации и ликвидации аварии проводятся без наряда-допуска до устранения прямой угрозы жизни людей и повреждения материальных ценностей. После устранения угрозы, работы по приведению газопроводов и газооборудования в технически исправное состояние должны проводиться по наряду-допуску (в том случае, если авария от начала до конца ликвидируется аварийной службой, составление наряда-допуска не требуется).

Перед пуском газа на объектах, принятых комиссией, но не введенных в эксплуатацию в течение 6 мес. со дня последнего испытания, должны быть проведены повтор-

ные испытания на герметичность газопроводов, проверена работа установок электрохимической защиты, состояние дымоотводящих и вентиляционных систем и др.

Все газопроводы и газооборудование перед их присоединением к действующим газопроводам, а также после ремонта должны подвергаться внешнему осмотру и контрольной опрессовке бригадой, производящей пуск газа.

УДК 620.9:658.345

Действие персонала при пуске котла в работу

Студенты гр.10606114: Авхутская В.О., Куприй Ю.С., Малашенко А.Л.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Перед включением котла в работу должны быть произведены:

- а) проверка исправности действия предохранительных клапанов, водоуказательных приборов, манометра и питательных устройств;
- б) проверка показаний уровня воды по указателям уровня воды прямого действия;
- в) проверка и включение автоматики безопасности, сигнализаторов и аппаратуры автоматического управления котлом;
- г) продувка котла.

Запрещается пуск в работу котлов с неисправными арматурой, питательными приборами, автоматикой безопасности и средствами противоаварийной защиты и сигнализации.

Включение котла в паропровод должно производиться медленно, после тщательного прогрева и продувки паропровода. При прогреве необходимо, следить за исправностью паропровода, компенсаторов, опор и подвесок, а также за равномерным расширением паропровода. При возникновении вибрации или резких ударов, необходимо приостановить прогрев до устранения дефектов.

По мере повышения нагрузки котла продувка пароперегревателя уменьшается, а при достижении примерно половины нормальной нагрузки прекращается.

Время начала растопки и включения котла в работу записывается в сменном журнале.

Растопку котлов производят только при наличии распоряжения, записанного в сменном журнале начальником (заведующим) котельной или заменяющим его лицом. В распоряжении должны быть указаны продолжительность заполнения котла водой и температура ее. Персонал котельной заблаговременно предупреждают о времени растопки котлов. Растопка котлов производится при слабом огне, уменьшенной тяге, закрытом паровом вентиле и открытом предохранительном клапане или вентиле (кране) для выпуска воздуха.

При растопке котла обеспечивается равномерный прогрев его частей и заблаговременно включается устройство для подогрева воды в нижнем барабане котла. Применение при растопке котла, работающего на твердом топливе, легковоспламеняющихся материала (бензина, керосина и др.) не допускается. При наличии у пароперегревателя котла устройства для предохранения его элементов от перегрева при растопке котла необходимо включить это устройство. При наличии у водяного экономайзера обводного газохода горячие газы из котла следует направить через этот газоход, закрыв заслонки для пропуски газов через экономайзер.

При отсутствии обводного газохода, для предупреждения нагрева воды в экономайзере сверх допустимой температуры, производится прокачивание через экономайзер воды, направляемой по сгонной линии в бак или дренаж. Если котлы имеют водяные экономайзеры кипящего типа и рециркуляционные линии, соединяющие водяное пространство барабана с нижними коллекторами экономайзера, то перед растопкой котла необходимо открыть вентили на этих линиях. Горелку котла, работающего на газообразном топливе, необходимо зажигать следующим образом: внести в топку к устью

включаемой горелки запальник, подать газ, медленно открывая задвижку перед горелкой и следя затем, чтобы он загорелся сразу, тут же начать подачу воздуха, затем увеличить подачу газа и воздуха, одновременно регулируя разрежение в топке и пламя горелки. Удалить запальник из топки после получения устойчивого факела. Если до розжига горелки пламя запальника погасло, необходимо немедленно прекратить подачу газа в горелку, вынуть запальник из топки и провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин. Только после этого можно приступить к розжигу горелки. При наличии у котла нескольких горелок зажигание их производится последовательно. Если при растопке погаснут все или часть зажженных горелок, следует немедленно прекратить подачу газа к ним, убрать из топки запальник и провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин. Только после этого можно повторно зажигать горелки. Зажигая горелки, не следует стоять против отверстий-гляделок (растопочных люков), чтобы не пострадать от случайно выброшенного из топки пламени. Обслуживающий персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (защитные очки и др.).

Запрещается:

- а) зажигать в топке погасший газ без предварительной вентиляции топки и газоходов;
- б) зажигать газовый факел от соседней горелки.

УДК 620.9:658.345

Меры безопасности при обслуживании оборудования паросилового хозяйства

Студенты гр.10606114: Голуб А.Л., Мильянович В.В., Милютикова Л.С.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск

Персонал котельной должен четко знать и выполнять все требования, наложенные в производственной инструкции.

Обслуживание котла может быть поручено лицам не моложе 18 лет, прошедшим медицинское освидетельствование, обученным по соответствующей программе и имеющим удостоверение квалификационной комиссии на право обслуживания котлов. Повторная проверка знаний этих лиц должна производиться комиссией предприятия:

- а) периодически (не реже одного раза в 12 месяцев);
- б) при переходе на другое предприятие или на обслуживание котлов другого типа;
- в) при переводе обслуживаемых котлов на другой вид топлива.

При переводе персонала на обслуживание котлов, работающих на газообразном топливе, должна быть проведена дополнительная проверка знаний в порядке, установленном «Правилами безопасности в газовом хозяйстве». Вступление персонала котельной на дежурство и уход с дежурства должны производиться с соблюдением требований правил внутреннего распорядка котельной. При вступлении на дежурство персонал котельной обязан ознакомиться с записями в сменном журнале и проверить исправность обслуживаемых котлов и относящегося к ним оборудования, а так же исправность аварийного освещения и сигнализации для вызова администрации. Прием и сдача дежурства должны оформляться начальником смены (стражи по смене) записью в сменном журнале с указанием результатов проверки котлов и относящегося к ним оборудования, водоуказательных приборов, сигнализаторов предельных уровней воды, манометров, предохранительных клапанов, питательных приборов и средств автоматики. Не разрешается принимать и сдавать дежурство во время ликвидаций аварий в котельных. Машинисты (кочегары) и водосмотры котлов во время дежурств не должны отвлекаться от выполнения обязанностей, возложенных на них инструкцией. Запрещается оставлять котлы без надзора до полного прекращения горения в топке, удаления из нее остатков топлива и снижения давления до нуля. Котлы, не имеющие кирпичной кладки, допускается оставлять в запортом на замок помещении, не ожидая снижения давления до атмосферного, если после прекращения го-

рения в топке и удаления остатков топлива из нее, а также шлака и золы из бункера давление в котле начало снижаться. Посторонние лица могут допускаться в котельную только с разрешения администрации и в сопровождении ее представителя. Помещение котельной, котлы и все оборудование ее необходимо содержать в исправном состоянии и надлежащей чистоте. Запрещается загромождать помещение котельной или хранить в нем какие-либо материалы и предметы. Проходы в котельном помещении и выходы из него должны быть всегда свободными. Двери для выхода из котельной должны легко открываться. До начала проведения каких-либо работ внутри котла, соединенного с другими работающими котлами общими трубопроводами (паропровод, питательные, дренажные, спускные линии и т.п.), а также перед осмотром или ремонтом элементов, работающих под давлением, при наличии опасности ожога людей паром или водой котел должен быть отключен от всех трубопроводов заглушками. Открывание люков и лючков, а также ремонт элементов котлов разрешается производить только при полном отсутствии давления. Перед открыванием люков и лючков, расположенных в пределах водяного пространства, воду из элементов котлов и экономайзеров следует удалить. Выполнение работ внутри топок и газоходов котла допускается производить только при температуре не выше 50–60 °С по письменному разрешению (наряду-допуску) заведующего котельной, выдаваемому после соответствующей проверки места работы. Пребывание одного и того же лица внутри котла или газохода при этих температурах не должно превышать 20 мин. Перед началом работ топка и газоходы должны быть хорошо провентилированы, освещены и надежно защищены от возможного проникновения газов и пыли из газоходов работающих котлов. При работе на газообразном или пылевидном топливе котел также надежно отделяют заглушкой от общего газо- или пылепровода. Чистота воздуха в топке и газоходах должна быть подтверждена анализом. На вентилях, задвижках и заслонках при отключении участков трубопроводом и газоходов, а также на пусковых устройствах дымососов, дутьевых вентиляторов и питателей топлива должны быть вывешены плакаты «Не включать – работают люди». При этом у пусковых устройств дымососов, дутьевых вентиляторов и питателей топлива должны быть сняты плавкие вставки. Установку и снятие заглушек производят по наряду-допуску. При работе в котле, на его площадках и в газоходах для электроосвещения должно применяться напряжение не выше 12 В. Перед закрытием люков и лазов необходимо проверить, нет ли внутри котла людей или посторонних предметов, а также наличие и исправность устройств, устанавливаемых внутри котла.

Перед растопкой котла тщательно проверяется.

- а) исправность топки и газоходов, запорных и регулирующих устройств;
- б) исправность контрольно-измерительных приборов, арматуры, гарнитуры, питательных устройств, дымососов и вентиляторов, а также наличие естественной тяги;
- в) исправность оборудования для сжигания жидкого и газообразного топлива у котлов, работающих на этих видах топлива;
- г) заполнение котла водой до отметки низшего уровня, а при наличии водяного экономайзера заполнение его водой;
- д) держится ли уровень воды в котле в нет ли пропуска воды через лючки, фланцы и арматуру;
- е) нет ли заглушек перед предохранительными клапанами, а после них, на паро-, мазуто- и газопроводах, на питательной спускной и продувочной линиях;
- ж) отсутствие в топке и газоходах людей или посторонних предметов.

Непосредственно перед растопкой котла должна быть произведена вентиляция топки и газоходов в течение 10–15 мин (в зависимости от конструкции котла) путем открытия дверец топки, поддувала, шиберов для регулирования подачи воздуха, заслонок, естественной тяги, а при наличии дымососов и вентиляторов путем их включения. До включения дымососа для вентиляции топки и газоходов, у котлов, работающих на газообразном топливе, необходимо убедиться, что ротор не задевает корпус дымососа, для чего ротор поворачивают

вручную. Включение дымососов во взрывоопасном исполнении допускается только после проветривания котлов естественной тягой и после проверки исправности дымососа.

При подготовке к растопке котла, работающего на газообразном топливе, помимо выполнения требований пп. 2-1, 2-2 надлежит:

а) проверить исправность газопровода и установленных на ней кранов и задвижек (вся запорная арматура на газопроводах Должна быть закрыта, а краны на продувочных газопроводах открыты и т.д.).

УДК 620.9:658.345

О воздействии производственного шума на человека

Студенты гр. 10603214: Григулевич А.А., Пинчук Д.М., Шадур А.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Шум является общебиологическим раздражителем. Воздействуя на нервную систему, он оказывает влияние на весь организм человека. Шум вызывает головные боли, бессонницу, повышение кровяного давления, снижает концентрацию внимания и остроту зрения, ослабляет память, замедляет психические реакции, приводит к расстройству нервной системы, понижает работоспособность и производительность труда, способствует возникновению условий, которые приводят к несчастным случаям. Интенсивный шум вызывает нарушение секреторной и моторной деятельности желудка, изменения в сердечно-сосудистой системе, развитие заболеваний органов слуха (неврит слухового нерва, тугоухость, глухота и т.д.). Интересы производства и сохранения здоровья работающих в промышленности требуют выявления профессиональных болезней в начальном периоде их развития, когда своевременное устранение вредного производственного фактора и лечебно-профилактические мероприятия могут привести к полному восстановлению трудоспособности. Одним из наиболее важных аспектов профилактики заболеваний, обусловленных воздействием шума, являются вопросы профессиональной пригодности, т.е. вопросы медицинского отбора на производства, характеризующиеся высокой интенсивностью шума. В каждом конкретном случае определяются требования, предъявляемые профессией к организму, и устанавливается, соответствует ли они состоянию здоровья обследуемого. Чтобы сохранить здоровье работника, его нельзя допускать на производство со значительным уровнем шума в тех случаях, когда это воздействие может ухудшить уже имеющиеся хронические заболевания, либо стать предрасполагающим моментом для развития профессиональной патологии. Одной из важнейших мер профилактики патологии, связанной с влиянием шума, является проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров. Все лица, поступающие на работу в шумные производства, а также работающие в условиях воздействия шума, подлежат обязательному медицинскому осмотру. Основная задача предварительных медосмотров – выявить болезни (болезненные состояния), наличие которых значительно повышает опасность соответствующих производственных условий. Осмотры предусматриваются для всех видов трудовой деятельности (в том числе сельскохозяйственных работ), связанных с воздействием производственного шума. Вопросы экспертизы трудоспособности должны решаться в зависимости от степени снижения слуха. Лица, имеющие легкое снижение слуха, вполне трудоспособны и могут продолжать свою деятельность по специальности в прежних условиях, но нуждаются во врачебном наблюдении. При умеренной степени снижения слуха, рабочий с большим производственным стажем может продолжать работу в прежних условиях. Если же уменьшение слуха возникло у рабочего с небольшим стажем (до 5 лет), тогда есть основания предполагать повышенную чувствительность его организма к шуму. Такой рабочий должен быть рацио-

нально трудоспособен на производство, не оказывающее шумового воздействия. Лицам, страдающим значительной степенью снижения слуха, работа в условиях воздействия интенсивного шума абсолютно противопоказана независимо от времени развития тугоухости. Это положение связано с тем, что при дальнейшем прогрессировании тугоухости затрудняется общение с окружающими и значительно снижается круг профессий, где мог бы работать больной. Если рабочий, страдающий значительной степенью снижения слуха, обладает высокой квалификацией и не имеет другой подходящей профессии, он должен быть направлен на МРЭК (медико-реабилитационная экспертная комиссия) для определения группы инвалидности на период переквалификации. Профессиональная инвалидность даётся лишь в тех случаях, когда имеются достаточно достоверные данные о профессиональной природе заболевания. Действие шума не ограничивается влиянием на органы слуха и, в первую очередь, шум бьет по нервной системе – самой уязвимой и нагруженной из систем организма. Шум вызывает преждевременное утомление, приводит к ослаблению памяти, внимания, замедляет психические реакции, затрудняет процессы восстановления жизненных сил. Многие врачи говорят о так называемом шумовом синдроме, характерном для некоторых душевных заболеваний. Шум вызывает нарушение гормональных процессов, способствует возникновению злокачественных опухолей. Отрицательное влияние шума на способность супружеских пар к деторождению и половому влечению доказана в научных работах. Многогранность функций мозга делает его уязвимым при воздействии любых шумовых раздражителей. Шум понижает работоспособность и производительность труда. О вредном влиянии шума трактатов древних времен и статей сегодня написано достаточное количество, тем не менее в настоящее время серьезно к его оценке не относятся. Для того, чтобы выбрать нормируемые параметры и подобрать предельно допустимые значения шума для рабочих мест или для помещений жилых общественных зданий или на территории жилой застройки, необходимо прежде всего определить, какова природа шума (он постоянный или непостоянный), а затем после замеров произвести сравнение данных исследований с нормативными величинами. Как правило, на производстве работник редко работает в условиях постоянного шума. Постоянные шумы характерны, в основном, для непрерывных технологических процессов, когда работник находится постоянно на одном рабочем месте или в пределах рабочей зоны. Если же режим работы на рабочем месте в течении смены изменяется (это явление характерно для большинства рабочих мест и производственных помещений) или работник перемещается в пределах рабочей зоны с разными уровнями шума и эта разница для уровней звука превышает 5 дБА, то этот шум следует считать непостоянным.

УДК 620.9:658.345

Меры безопасности при обслуживании котла в условиях аварийной ситуации

Студенты гр. 10606114: Мартинович И.С.,
Савченко Д.П., Полховский И.Н.

Научный руководитель: Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Во время дежурства персонал котельной должен следить за исправностью котла и всего оборудования котельной и строго соблюдать установленный режим работы котла.

Выявленные в процессе работы оборудования неисправности нужно записывать в сменный журнал.

Забрасывание твердого топлива на колосниковую решетку ручной топкой следует производить небольшими порциями как можно быстрее при ослабленном или выключенном дутье.

Особое внимание во время работы следует обращать на поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание его водой, поддержание нормального

давления пара, поддержание температуры перегретого пара, а так же температуры питательной воды после экономайзера и на нормальную работу горелок.

При работе котла на газовом топливе для увеличения нагрузки следует постепенно прибавить сначала подачу газа, затем воздуха и отрегулировать тягу; для уменьшения – сначала убавить подачу воздуха, затем газа, после чего отрегулировать тягу.

Если при работе котла на газе погаснут все горелки или часть из них, надо немедленно прекратить подачу газа в горелки, перекрыв для этого отключающую арматуру перед горелками, провентилировать топку, газоходы и воздухопроводы, выяснить и устранить причину нарушения нормального режима горения.

Остановку котла во всех случаях, за исключением аварийной остановки, производится только по получении письменного разрешения администрации. При остановке котла необходимо: поддерживать уровень воды в котле выше среднего рабочего положения; прекратить подачу топлива в топку; отключить котел от паропроводов, после полного прекращения горения в топке и отбора пара, а при наличии пароперегревателя включить продувку; произвести расхолаживание и спуск воды из него в порядке, установленном администрацией.

Обслуживающий персонал обязан в аварийных случаях немедленно остановить котел и сообщить о случившемся начальнику котельной или лицу, заменяющему его. В частности это необходимо сделать, если: перестало действовать более 50 % предохранительных клапанов или других предохранительных устройств; давление поднялось выше разрешенного более чем на 10 % и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива; произошла утечка воды из котла; уровень воды быстро снижается, несмотря на усиленное питание котла водой; уровень воды поднялся выше верхней кромки водоуказательного стекла и не удается его снизить продувкой; прекращено действие всех питательных устройств; прекращено действие всех водоуказательных приборов; в основных элементах котла будут обнаружены трещины, выпучены, пропуски в сварных швах, обрывы двух и более находящихся рядом связей; обнаружена загазованность котельной с котлами, работающими на газообразном топливе, прекращена подача газа, произошел взрыв газозооной смеси в топке котла или газоходах; прекращена подача электроэнергии при искусственной тяге; возник пожар в котельной, загорелись сажа или частицы топлива в газоходах, угрожающие персоналу и котлу.

Причины аварийной остановки котла должны быть записаны в журнале. При аварийной остановке необходимо: прекратить подачу топлива и воздуха, резко ослабить тягу; как можно быстрее удалить горящее топливо из топки; после прекращения горения открыть дымовую заслонку; отключить котел от главного паропровода; выпустить пар через приподнятые предохранительные клапаны или аварийный выхлопной вентиль.

Администрация предприятия не должна давать персоналу указания, противоречащие инструкциям, относящиеся к выполняемой ими работе, и могут привести в аварии или несчастному случаю.

Рабочие несут ответственность за нарушение инструкций, относящихся к выполняемой или работе, в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка предприятий и законодательства Республики Беларусь.

УДК 658.264: 658.382.3

Организация безопасного рабочего места при обслуживании теплосилового оборудования

Студентки гр. 10604114: Стрижова В.А., Короленко Т.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Порядок производства работ на действующем теплосиловом оборудовании строго регламентирован правилами техники безопасности, а при подготовке рабочего места выполняются технические и организационные мероприятия по безопасности. Любое

рабочее место должно отвечать современным требованиям научной организации труда. Эргономики и технической эстетики с тем, чтобы обеспечить максимум удобств и сохранение здоровья работающему, способствовать повышению производительности труда. Основные требования к организации рабочих мест для производства ремонтных работ на теплосиловом оборудовании следующие:

а) планировка рабочего места должна избавлять рабочего от лишних и утомительных трудовых движений и обеспечивать удобную рабочую позу;

б) рабочее место должно быть обеспечено инструментами и приспособлениями, необходимыми для выполнения работы согласно заданию, а также для личной безопасности; вблизи рабочего места должны быть ящики или шкафчики для хранения инструмента и личных вещей;

в) рабочее место должно быть обеспечено необходимыми материалами; эти материалы необходимо хранить в таре и устанавливать вблизи рабочего, в зоне досягаемости его рук;

г) для выполнения рабочих операций, размещения инструментов, материалов, контрольных приборов необходимы оптимальные размеры рабочей зоны в соответствии с антропометрическими данными тела человека (рост, размер и форма тела, сила и направление движения рук и ног, зрение, слух); эти размеры даются в специальных таблицах;

д) рабочее место в соответствии с санитарными нормами должно быть освещено и провентилировано, постоянно содержаться в чистоте; недопустимы захламленность, хаотичное хранение.

В процессе работы человек принимает различные позы и сохраняет их в течение значительного времени. Некоторые из них могут приводить к искривлению позвоночника, изменению кровообращения, дыхания и др. Применяют рабочие позы: «сидя», «стоя», «сидя–стоя». Основные требования к рабочей позе – прямая осанка, возможность смены положений сидя–стоя по усмотрению рабочего, удобство для тела, свободные и экономные движения, возможность хорошего обзора работы. Физиологически неблагоприятна вынужденно фиксированная поза независимо от того, находится ли работник в положении сидя или стоя. Поэтому всегда, когда это возможно, предусматривается свобода. Работы, которые выполняют лежа, в согнутом, напряженном положении с поднятыми руками, а также стоя на коленях или сгорбившись, необходимо рационализировать или по возможности устранять.

Наряду с планировкой рабочего места необходимо правильно организовать процесс труда. Рабочий процесс характеризуется темпом и ритмом. Темп, т.е. скорость работы, характеризуется количеством движения рук, корпуса, головы рабочего в единицу времени; при умственной работе – количеством информации, активно перерабатываемой человеком в единицу времени. Работа в предельно высоком темпе требует напряжения всего организма. Заниженный темп также неблагоприятен для человека. С точки зрения охраны труда не рекомендуется строгая фиксация скорости работы, так как люди обладают неодинаковым природным индивидуальным темпом (различия составляет более 30 %).

Ритм – это размерность в работе, правильный порядок, чередование. Правильно подобранный ритм оказывает благоприятное влияние на функциональное состояние человека, поэтому он должен строго соблюдаться. Ритм способствует выработке прочного навыка в труде.

Труд и отдых – это единый процесс жизнедеятельности человека. Длительность отдыха, его чередование с рабочим временем и формы организации являются важнейшей и актуальнейшей проблемой в современных условиях технического процесса, когда к здоровью человека, особенно к его нервной системе, предъявляются повышенные требования. Законодательство о труде устанавливает обязательные нормы продолжительности времени труда и отдыха рабочих и служащих. Продолжительность рабочего времени устанавливается с учетом, с одной стороны, нужд производства, а с другой – необходимости охраны здоровья трудящихся, предоставления им свободного времени для отдыха, учебы, активного участия в общественной жизни.

Основными задачами рациональной организации труда и отдыха являются обеспечение стабильного уровня работоспособности, профилактика утомления и переутомления, сохранение здоровья человека. Способы решения этой задачи следующие: организация пауз в работе и перерывов (для приема пищи, обогрева, охлаждения и др.), смена форм работы (например, умственной на физическую) и условий окружающей среды (например, работ при шуме и в тишине, при высокой температуре и в нормальных температурных условиях); поддержание определенного темпа и ритма работы; устранение монотонности и малоподвижности, возникающих, например, в автоматизированном производстве, при пассивном наблюдении за технологическим процессом и т.п.; снятие нервно-психических перегрузок с помощью отдыха в специальных кабинках для отдыха персонала с большой психической нагрузкой; использование психологического воздействия цвета, музыки и средств технической эстетики.

Благоприятная производственная обстановка во многом зависит от оформления цехов и рабочих мест внешнего благоустройства, рациональной и красивой формы оборудования, мебели, производственной одежды.

Внешнее оформление рабочих мест и интерьера. Благоприятная производственная обстановка во многом зависит от оформления цехов и рабочих мест, внешнего благоустройства, рациональной и красивой формы оборудования, мебели, производственной одежды.

Цвет и свет оказывают большое психологическое воздействие на людей. В связи с этим цвет и свет широко используют для улучшения условий труда.

УДК 620.9:658.345

Применение сухих трансформаторов для обеспечения пожарной безопасности

Студенты гр. 10603214: Струков М., Лавров М., Радечко Е.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Основными потребителями силовых распределительных трансформаторов являются электрические сети для снабжения энергией предприятий, городского транспорта, электроснабжения домов, больниц, торговых центров и т. д. Рост потребления электроэнергии стимулирует строительство новых трансформаторных подстанций и модернизацию эксплуатируемых. Наиболее ответственный и дорогостоящий элемент подстанции – распределительный трансформатор – должен соответствовать высоким требованиям эксплуатации.

Современный трансформатор должен обладать высокой надежностью, но при этом иметь малые габариты для создания компактных подстанций либо модернизации подстанций с увеличением их мощности. При этом трансформатор должен выдерживать перегрузки, в том числе и в экстремальных условиях окружающей среды. Учитывая плотность городской застройки, трансформаторы должны обладать такими качествами, как безопасность и экологичность.

Оптимальное решение, которое удовлетворяет изложенным требованиям, – применение сухих распределительных трансформаторов с литой изоляцией.

В сухих трансформаторах, в отличие от маслонаполненных, отсутствует угроза утечки масла с загрязнением окружающей среды, а также снимается необходимость в периодической проверке и замене масла, что снижает эксплуатационные затраты. Применение литой изоляции позволяет обеспечить высокий уровень пожаробезопасности, т.к. обмотки, залитые эпоксидным компаундом, не горят. Следовательно, такие трансформаторы можно устанавливать максимально близко к потребителям, тем самым уменьшить потери при передаче электроэнергии в сетях низкого напряжения.

Обмотки литых трансформаторов обладают высокой механической прочностью и устойчивы к воздействию токов короткого замыкания. Литая изоляция обмоток пыли- и

влагонепроницаемая, что исключает процесс сушки перед вводом в эксплуатацию, в отличие от трансформаторов с воздушно-барьерной изоляцией.

С 2005 года начался выпуск силовых трехфазных трансформаторов с литой изоляцией ТЛС мощностью от 10 до 2500 кВА.

Обмотки трансформаторов ТЛС выполнены из меди. Трансформаторы с медными обмотками обладают меньшими габаритами по сравнению с алюминиевыми, они более устойчивы к термическому и динамическому воздействию токов короткого замыкания.

При возникновении коротких замыканий в линии наибольшие усилия от токов КЗ (коротких замыканий) возникают в обмотках НН (низкого напряжения). Выполнив обмотки из ленты, возможно снизить осевые составляющие этих усилий до нуля. Такое решение позволяет также уменьшить габариты обмотки и упростить технологию изготовления.

Было принято также решение разработать трансформаторы климатического исполнения УХЛ с нижним значением температуры при транспортировке, хранении и эксплуатации –60 °С. Большой опыт производства литой изоляции позволил создать обмотки, которые выдерживают такую температуру без растрескивания. Для усиления механической прочности каждый слой обмотки армируется стеклосеткой.

Магнитопроводы трансформаторов изготавливаются на высокоточных линиях продольной и поперечной резки электротехнической стали. Применение схемы шихтовки «Step-lap» для стали с малыми удельными потерями, а также уменьшение магнитной нагрузки позволили получить относительно низкий уровень потерь и тока холостого хода и снизить уровень шума.

В обмотках трансформаторов мощностью 250 кВА и выше установлены датчики, сигналы от которых передаются на тепловое реле. В функции реле входят отображение температуры в обмотках и магнитопроводе, формирование сигнала на включение вентиляторов и отключение трансформатора от сети при недопустимом перегреве. Применение вентиляторов позволяет перегружать трансформатор до 40 % без снижения срока службы.

Применение современного оборудования для обработки металла с ЧПУ позволяет изготавливать трансформаторы защищенного исполнения с различными степенями защиты и различными вариантами подключения к сети, а также трансформаторы с нестандартными характеристиками в максимально сжатые сроки.

Обладая большим количеством достоинств, сухие трансформаторы с литой изоляцией становятся все более востребованы. Такие трансформаторы активно внедряют в системах распределения электроэнергии на объектах, расположенных в непосредственной близости от людей, где определяющее значение имеет высокий уровень безопасности для населения, окружающей среды, а также дорогостоящего оборудования.

УДК 620.9:658.345

Пожарная опасность электроустановок и пути ее снижения

Студенты гр.10603314: Богдан Д.В., Смолковская Д.М.

Научный руководитель: Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Понятие «пожарная опасность электрических установок» включает в себя способность их при определенных условиях быть причиной зажигания (электрические дуги, искры, нагрев токоведущих элементов) и способность их распространять горение. Кроме того, некоторые типы электроустановок характеризуются большой пожарной нагрузкой. Пожарная опасность электроустановок обуславливается также и теми последствиями, которые будут иметь место при выходе из строя во время пожара. В ряде случаев убытки от пожара могут быть значительными, а порой такими (происходит остановка производства, выходит из строя технологическое оборудование, не обеспе-

чивается поставка электрической энергии и т.п.). Тяжелые последствия возможны даже и в том случае, если пожар не получил существенного развития.

Совмещение источников зажигания, образующихся при аварийных режимах в электроустановках, с горючими материалами возможно в силу непредвиденных обстоятельств. В общем случае пожары в электроустановках можно предотвратить созданием таких условий, при которых исключается возникновение пожароопасных ситуаций, а если пожар все же возникает, то тушение производится быстро и эффективно без последствий для электрооборудования. Путей снижения пожарной опасности электроустановок несколько, к ним относятся: правильный выбор и расчет электрической защиты, соответствующее исполнение и размещение электроустановок, использование огнезащитных покрытий, внедрение высокоэффективных систем извещения о пожарах и загораниях и систем пожаротушения.

Например открытые электрические проводки – совокупность проводов с относящимися к ним крепежными, поддерживающими и защитными конструкциями, а также другими вспомогательными деталями. Проводки выполняются, как правило, изолированными установочными проводами всех сечений, а также небронированными силовыми кабелями с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке сечением до 16 мм² включительно. Прокладка электрических проводок может осуществляться по наружным и внутренним стенам зданий и сооружений, по потолкам и т.п. Прокладка в трубах, замкнутых каналах, пустотах строительных конструкций, пазах под штукатуркой, а также путем замоноличивания в строительные конструкции. С точки зрения пожарной опасности наибольшего внимания заслуживают открытые электрические проводки, так как при загорании, а также возникновении в них аварийных режимов возможны распространение горения вдоль электрических проводов и появление новых очагов горения, вызванных выбросами искр и частиц расплавленного металла. Необходимо отметить, что появление источников зажигания возможно также и в электрических проводках, проложенных в металлических трубах.

В общем случае пожарная опасность электрических проводок обуславливается возможностью образования при их эксплуатации таких источников зажигания, как электрические искры, дуги, раскаленные частицы металлов, нагретые контактные соединения. Нагретые токоведущие жилы, открытый огонь воспламенившийся изоляции, и способностью электрических проводок распространять горение.

Пожарная опасность нагрева токоведущих жил заключается в опасности загорания изоляции, а также горючих конструкций, находящихся в непосредственном контакте с электрической проводкой. Нагрев токоведущих жил может быть локальным, местным и общим. Локальный нагрев – это такой нагрев, когда размером зоны его распространения можно пренебречь, местные – это нагрев, когда он охватывает часть длины проводника, а общий – когда проводник нагревается по всей его длине.

Локальный нагрев токоведущих жил возникает при коротком замыкании в точке касания их между собой, если при этом образуется контакт с большим переходным сопротивлением. Если плотность тока в точке контакта значительна, то выделяется большое количество теплоты, что ведет к быстрому нагреву контактной зоны. Нагрев может вызвать оплавление проводов в зоне контакта, а также их пережог. Если ток к.з. меньше тока уставки аппарата защиты, то возможно только оплавление токоведущих жил в точке замыкания. Если же ток к.з. больше тока уставки аппарата защиты, а время срабатывания аппарата защиты больше времени, необходимого для пережога токоведущих жил, то пережог жил неизбежен.

Процесс нагрева токоведущих жил в зоне к.з. (в зоне контакта) происходит одновременно с процессом теплоотдачи в окружающее пространство и близлежащим в контактной точке участкам токоведущих жил проводов.

Локальный нагрев токоведущих жил электрических проводов при их замыкании между собой происходит чрезвычайно быстро и может быть представлен как локальный тепловой удар. Темп выделения теплоты в контактной точке очень высок (порядка

несколько тысяч градусов в секунду). Потери ее в окружающую среду незначительны. Это способствует аккумуляции тепла в контактной точке, поэтому можно считать, что в зоне контакта в течение определенного малого промежутка времени существует очень высокая температура, близкая к температуре кипения металла.

Местный нагрев электрических проводов возможен при соединении проводов скруткой без опрессовки. В этом случае процессы нагрева, обуславливаемые местным увеличением переходного сопротивления, проходят медленно. Если температура нагрева проводов в месте скрутки превысит температуру самовоспламенения изоляции, то она воспламенится.

Общий нагрев токоведущих жил проводов происходит при прохождении по ним сквозных токов к.з. или токов перегрузки. Выделяющиеся при этом тепло в токоведущих жилах ведет к нагреву изоляции, и при достижении температуры самовоспламенения она воспламенится.

Пожарная опасность воздушных линий электропередачи обуславливается возможным замыканием их проводов при сильном ветре, в результате чего образуются источники зажигания с высокой зажигающей способностью (искры и капли расплавленного металла). Нередки случаи загорания деревянных опор линий электропередачи. Причиной загорания являются токи утечки. Противопожарные мероприятия на линиях электропередачи сводятся к предотвращению недопустимого провисания проводов, защите их от разрядов атмосферного электричества, пропитке деревянных опор и их конструктивных элементов огнестойкими составами. Мероприятия по предотвращению токов утечки особенно необходимы для тех опор, на которых устанавливаются масляные трансформаторы. В этой связи внедрение общесетевых устройств защитного отключения, реагирующих на токи утечки, является важным противопожарным мероприятием.

УДК 620.9:658.345

Меры безопасности при эксплуатации оборудования газового хозяйства

Студенты гр. 10604114: Харченко К.Г., Свирилин М.В.
Научный руководитель: Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Природный газ при определенных концентрациях в воздухе образует взрывоопасную газоздушную смесь, которая взрывается при соприкосновении с огнем. Пределы объемной взрывоопасной концентрации природного газа зависят от его состава и в среднем составляют, %: 2 – нижний предел и 15 – верхний. Горючие газы по плотности могут быть легче воздуха (метан, окись углерода) и тяжелее (пропан, бутан). Если газ легче воздуха, то он поднимается вверх и накапливается под потолочным перекрытием, особенно в плохо проветриваемых местах. Если же газ тяжелее воздуха, то он распределяется в нижней зоне помещения.

Просачиваясь через неплотности арматуры и газопровода, газ может скапливаться в помещениях или даже отдельных зонах. Это может привести к отравлению людей, взрыву или пожару. Поэтому непременным требованием безопасности является герметичность соединений газопроводов. Во время эксплуатации уделяют большое внимание повседневному контролю за плотностью газопроводов и арматуры, периодически их испытывают на прочность и плотность. При проверке плотности фланцы, сварные стыки и уплотнения обмазывают мыльным раствором. Запрещается проверять утечки газа при помощи открытого огня.

В помещениях, где проходит газопровод, не реже 1 раза в 3 дня проверяют наличие газа в нижней зоне на высоте 1,5 метра от пола и в верхней зоне помещения под потолком. Подземные помещения (телефонные, водопроводные колодцы, подвальные помещения), расположенные на расстоянии менее 15 метров от подземного газопровода, контролируются систематически. При обнаружении газа в каком-либо из подземных

сооружений производится осмотр и проверка всех помещений в радиусе 50 метров. Утечки газа, особенно небольшие, малозаметны, поэтому утечку начинают искать лишь тогда, когда в окружающей среде появится определенная концентрация газа.

Наиболее простым является способ обнаружения газа в воздухе по запаху. Обоняние человека позволяет заметить пахнущее вещество при очень малых концентрациях. Добавляя сильно пахнущее вещество – одорант, сообщают газу характерный запах. Обычно для этого используют этилмеркаптан, который вводится в газ на газораспределительной станции(ГРС). Однако обнаружение газа по запаху субъективно и ненадежно. Для обнаружения газа используют газоанализаторы и газосигнализаторы, которые способны фиксировать газ при содержании его в воздухе в очень малых объемных концентрациях(0,25–6 %). В практике часто используют, например, переносные газоанализаторы.

На предприятиях должны быть заранее определены места (помещения, зоны), опасные в отношении загазованности. Опасными в отношении загазованности считаются помещения, содержание газа в которых может наблюдаться выше предельно допустимого по санитарным нормам или выше 1/5 нижнего концентрационного предела воспламенения. Список этих мест объявляют обслуживающему персоналу под расписку.

Также на предприятии, использующем газообразное топливо, приказом должно быть назначено лицо из числа руководящих инженерно-технических работников, ответственное за безопасную эксплуатацию газового хозяйства.

Места, опасные в отношении загазованности, разрешается посещать и работать в них бригадам в составе не менее чем из 2 человек. Один из них остается вне помещения или опасной зоны и наблюдает за работающими с таким расчётом, чтобы в случае необходимости немедленно оказать помощь пострадавшим. Работа выполняется с предосторожностью: для освещения используют взрывобезопасную лампу шахтерского типа с аккумулятором, применяют инструмент, не дающий искр(из цветных металлов, омедненный), при необходимости стальной инструмент (гаечные ключи, зубила, сверла) густо смазывают смазкой, надевают обувь без стальных гвоздей или подков. Помещения, опасные по содержанию в них газа, запирают на замок, ключи от которого выдаются под расписку ограниченному кругу лиц.

К газоопасным работам относят:

- присоединение вновь построенных газопроводов к действующим газовой сети;
- пуск газа в газопроводы и другие объекты систем газоснабжения при вводе в эксплуатацию, после ремонта и их консервации, а также производство пусконаладочных работ;
- техническое обслуживание и ремонт газопроводов (кроме обхода), оборудования ГРП (ГРУ), газоиспользующих агрегатов, а также техническое обслуживание и ремонт взрывозащищенного электрооборудования;
- удаление закупорок, установка и снятие заглушек, отсоединение от газопроводов действующего газового оборудования, приборов и аппаратов;
- отключение, продувка и демонтаж газопроводов;
- выполнение сливно-наливных операций на резервуарных установках, ГНС, ГНП, АГЗС СУГ, а также слив СУГ из неисправных баллонов;
- ремонт, осмотр и проветривание колодцев, проверка, удаление воды и конденсата на наружных газопроводах, откачка, слив неиспарившихся остатков СУГ;
- подготовка и проведение технического освидетельствования резервуаров;
- раскопка грунта в местах утечки газа до их устранения;
- производство огневых работ на ГРП, ГНС, ГНП и АГЗС СУГ' заправка газобаллонных автомашин.

Газоопасные работы должны выполняться под руководством руководителя или специалиста, за исключением присоединения без применения сварки, ввода в эксплуатацию приборов и аппаратов, проверки и удаления воды и конденсата на наружных газопроводах и др. Руководство указанными работами допускается поручать наиболее квалифицированному рабочему. Газоопасные работы должны выполняться бригадой в со-

ставе не менее двух рабочих (ремонтные работы в колодцах, туннелях, траншеях и котлованах глубиной более 1 м, коллекторах и внутри резервуаров должны производиться бригадой не менее чем из трех рабочих). На проведение газоопасных работ предусмотрен наряд-допуск, который выдаётся заблаговременно для необходимой подготовки. В наряде-допуске указываются срок его действия, время начала и окончания работы.

УДК 620.9:658.345

Опасность коротких замыканий в электрических сетях

Студенты гр. 106033–14: Рапопорт Д.Л., Кириллов В.А., Шайков М.М.
Научный руководитель: Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Основной причиной, обуславливающей возникновение к.з., является повреждение фазовой или линейной изоляции токоведущих частей. Это повреждение может быть вызвано ее старением или посторонними причинами (обрывом провода, попаданием в электротехнические устройства посторонних предметов, покрытием изоляционных материалов слоем пыли, влаги, вибрацией и тряской аппаратов, нарушением диэлектрической прочности воздушного промежутка между контактами и т.п.), а также ошибками при ремонтных работах.

Нарушения изоляции, вызванные прямыми ударами молнии, перекрытие изоляции при неправильных операциях с разъединителями под нагрузкой, перекрытие или уменьшение изолирующих промежутков животными и птицами, набросы на токоведущие части и т.п. устраняются после отключения поврежденного участка. И в то же время пробой изоляции вследствие ее старения (износа), механические повреждения кабелей при земляных работах, набросы, проводников большого сечения на токоведущие части и т.п. приводят к повреждениям, которые не исчезают и после отключения аварийного участка. Независимо от причины вызвавшей к.з., неизбежны резкое увеличение тока в короткозамкнутой цепи, уменьшение напряжения системы, перерывы в электроснабжении потребителей.

Перерывы в электроснабжении потребителей могут привести к расстройству технологического процесса, к порче продукции, а в условиях пожарно-взрывоопасных производств – у пожару или взрыву. Наибольшую опасность от перерыва электроснабжения потребителей будут представлять к.з. на зажимах источников питания.

В сетях напряжением до 1000 В промышленных предприятий величины токов к.з. значительны. Например, ток при трехфазном к.з. на шинах подстанции (380/220 В) составляет 25–40 кА, на шинах главных цеховых силовых шкафов – 10–20 кА, на шинах вторичных силовых шкафов – 3,5–10 кА, а на зажимах мелких электродвигателей (4–8 кВт) – 2 кА.

Резкое возрастание токов в короткозамкнутой цепи может вызвать:
высокий потенциал на корпусах электрооборудования, опасные для жизни людей, и возможный взрыв окружающей взрывоопасной среды от искровых разрядов;
опасный нагрев токоведущих частей и воспламенение горючих изоляционных материалов либо самовоспламенение взрывоопасной среды;
значительные механические усилия в проводах и электрических аппаратах;
перегрев, расплавление и сваривание электрических контактов;
электрические искры и дуги, обладающие воспламеняющей способностью;
нарушение фактора взрывонепроницаемости во взрывонепроницаемом электрооборудовании за счет коробления оболочек.

Все эти виды повреждений представляют значительную пожаро-взрывоопасность и должны быть отключены системой защиты. Такими причинами являются:

значительное снижение величины тока к.з. из-за ограничивающего действия электрической дуги ($R_{д.а}$ дуги в аппаратах = 0,075–0,5 Ом и $R_{д.к}$ дуги кабелей = 0,05–4 Ом), при которой величина тока в дуге иногда достигает значений уставок тока отключения;

прерывистый характер горения дуги, при котором время непрерывного прохождения тока составляет 0,05–0,04 с, т.е. чаще всего меньше, чем требуется для срабатывания защиты и тем более для перегорания плавкой вставки. В этих условиях изоляция токоведущих частей успевает загореться при кратковременном, но частом воздействии на нее высокой температуры электрической дуги.

За точкой к.з. происходит снижение напряжения в системе, что приводит к нарушению нормального режима электроснабжения потребителей. Так, например, при снижении напряжения на зажимах электродвигателя уменьшается вращающий момент, что приводит к опрокидыванию двигателя. Последствия к.з. существенно зависят от удаленности точки к.з. от источника питания и его продолжительности. Например, при к.з. в какой-либо удаленной точке, источники воспримут это как некоторое увеличение нагрузки, тогда как в точке, близкой к месту к.з., токи будут значительны. Следовательно, при рассматриваемых условиях опасные повреждения к.з. проявляются в точках, ближайших к месту к.з., и в самой точке к.з.

Продолжительность режима к.з. определяется правильным выбором аппаратуры защиты, проверкой ее перед эксплуатацией и профилактическими мероприятиями при эксплуатации, а также состояние контактов и заземляющей сети.

Независимо от причины, вызвавшей к.з., неизбежны резкое увеличение тока в короткозамкнутой цепи, уменьшение напряжения системы, перерывы в электроснабжении потребителей.

УДК 331.46

Современные средства для оказания первой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях

Студентка гр10503114: Амельченко М.И.

Научный руководитель: Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Важным этапом местного лечения при травмах является оказание первой помощи путем наложения первичной повязки. Для обеспечения надежного лечебно-профилактического эффекта повязки при оказании первой медицинской помощи должны удовлетворять комплексу требований, включающему: предотвращение инфицирования раны извне, минимальную травматизацию раневой поверхности при наложении и снятии повязки (атравматичность), достаточную сорбционную способность, исключающую скопление раневого экссудата под повязкой и плотное прилегание повязки к раневой поверхности.

Наиболее распространенными перевязочными средствами для оказания первой медицинской помощи в течение многих лет являлись ватно-марлевые изделия. Однако ватно-марлевые повязки, несмотря на доступность сырья, имеют ряд существенных недостатков. Ворсистость, высокая адгезия к ране, отсутствие у марли дренирующих свойств, высокая микробная проницаемость – все эти факторы не создают оптимальных условий для заживления ран.

В последние годы в медицинскую практику внедрена серия новых перевязочных средств на основе природных и синтетических полимеров, комбинированных материалов, содержащие лекарственные препараты или оказывающие активное воздействие на течение раневого процесса за счет свойств основы, позволяющих создать условия для профилактики инфицирования при оказании первой медицинской помощи.

Пакеты перевязочные индивидуальные

Современные индивидуальные перевязочные пакеты являются комбинированными комплексными изделиями. В отличие от ватно-марлевых аналогов, они обеспечивают защиту раны от внешнего инфицирования и безболезненно снимаются при перевяз-

ках. Модификации перевязочного пакета с иммобилизованным сангвиритрином и, соответственно, антимикробным действием позволяют предотвратить развитие в ране микрофлоры и отсрочить проведение перевязок до 2–3 суток. Фиксация пакетов осуществляется с помощью эластичного фиксирующего бинта, обеспечивающего надежность, простоту наложения повязки и сохранение подвижности суставов. Упаковка в комбинированный многослойный материал и радиационный способ стерилизации обеспечивают их гарантированный срок хранения до 7 лет.

Атравматичные повязки

К числу атравматичных относятся повязки, которые в процессе нахождения на ране не прилипают к раневой поверхности, не вызывают болезненных ощущений у пациентов при перевязках и не травмируют при снятии подлежащие ткани.

Наиболее универсальными являются атравматичные повязки, включающие покровный слой из трикотажного сетчатого полотна и сорбционный слой из нетканого механически скрепленного холстопршивного полотна. Повязки выпускаются стерильными в индивидуальных упаковках, различных типоразмеров. Повязки хорошо моделируются на поверхности тела, обладают достаточной сорбционной способностью, не прилипают к раневой поверхности и безболезненно удаляются при перевязках. Структура сетчатого трикотажного полотна–основы атравматичного слоя обеспечивает беспрепятственный отток раневого экссудата к сорбционному слою. Наложение таких повязок при оказании первой медицинской помощи осуществляется на 6–8 ч. При необходимости на поверхность покровного слоя можно нанести мазевое или гелеобразное лекарственное средство.

Весьма эффективной модификацией атравматичных повязок являются антимикробные повязки. Они включают атравматичный и сорбционный слой с иммобилизованными антисептическими препаратами. В зависимости от их вида повязки выпускаются в 4-х исполнениях: с хлоргексидином, с сангвиритрином, с мирамистином и с диоксидином. При наложении на рану за счет десорбции лекарственных препаратов обеспечивается санация раневой поверхности, что в значительной степени позволяет снизить риск нагноения. Важным этапом совершенствования качества указанных перевязочных средств является создание повязок модифицированного льняного волокна с иммобилизованными лекарственными препаратами. Их внедрение позволит оптимизировать технологию получения биологически активных аппликационных перевязочных средств, расширить область их применения за счет более широкого спектра иммобилизованных антисептических препаратов.

УДК 331.45

Исследования условий труда персонала тоннелепроходческого комплекса HerrtnknecktAVN 1200 участка № 1 строительного управления № 173 ОАО Трест №15 «Спецстрой» г. Минска

Студент гр.10205113:Колтунович И.А.
Научный руководитель: Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Тоннелепроходческий комплекс предназначен для прокола скальных пород в цельной породе, смешанного грунта и мягкой породы. Внешний диаметр щита проходческого комплекса составляет 1505/1810 мм.

Рекомендуемая длина проходки этого микрощита составляет 150 метров.

Серия AVN имеет закрытый корпус и оборудование с гидротранспортирующим комплексом.

Эффективное удаление продуктов бурения из рабочей камеры щита и адаптируемые конструкции коронки щита, делают AVNисключительно универсальными проходческим комплексом способным работать практически во всех геологических условиях.

Усилие домкратной станции передается проходческому щиту через став железобетонных труб. Во время подготовительного периода производится строительство двух шахт – стартовой и приемной. В стартовой шахте устанавливается мощная домкратная станция, на которую помещается проходческий щит. С помощью домкратов осуществляется проходка щита в грунтах на длину, соответствующую длине применяемых труб продавливания, после чего на домкратную станцию помещается последующая труба и процесс повторяется. Разработка грунта при проходке ведется рабочим органом проходческой машины. После выхода щита в приемную шахту он демонтируется, а став труб остается в земле.

Весь процесс контроля проходки тоннеля осуществляется из контейнера, который установлен на поверхности и имеет электронный контур управления технологическим процессом.

Исследования параметров рабочей зоны персонала с целью аттестации рабочих мест по условиям труда проводились в управлениях ОАО Трест № 15 «Спецстрой», куда входили следующие профессии участка № 1 управления № 173: 15767 «Оператор оборудования микротоннельного комплекса при управлении процессом движения комплекса диаметром свыше 200 мм»; 15767 «Оператор оборудования микротоннельного комплекса при управлении и обслуживании сепарационной установки комплекса»; «Оператор оборудования микрокомплекса при управлении и обслуживании бентонитовой установки» и др.

Исследованием установлено, что основными вредными и опасными факторами, характерными для указанных профессий, являются: повышенные уровни шума при работе технологического оборудования (на 5–10 ДБА > ПДУ), вибрации (на 1 ДБ > ПДУ при очистке сит), работа на открытом воздухе и в неотопляемых помещениях, перемещение в пространстве, вынужденные наклоны корпуса при пооперационном технологическом контроле, напряженность труда (интеллектуальная нагрузка при решении сложных задач выбором по известным алгоритмам, восприятие сигналов информации и их оценка (обработка, проверка и контроль за выполнением задания) сенсорные нагрузки (длительность сосредоточенного наблюдения (51–75 % времени смены) плотность сигналов (более 176), наблюдение за экранами видеотерминалов (3–4 ч) одновременное наблюдение за объектами (11–25), эмоциональные нагрузки (высокая ответственность за функциональное качество основной работы).

Проведенная комплексная оценка совокупности факторов производственной среды по результатам аттестации с учетом временных и других составляющих позволила присвоить названным профессиям класс опасности 3.2 (вредные и тяжелые), что дает право работникам на предусмотренные законом льготы (доплаты, дополнительный отпуск, льготные пенсионное обеспечение и др.)

УДК 331.458

Стробоскопический эффект, как причина производственного травматизма, и предупреждение его образования

Студент гр. 10701116: Мордик А.В.

Научный руководитель: Журавков Н.М.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Производственный травматизм, как следствие несчастных случаев и аварий, давно стал актуальной проблемой во всех странах мира. Травматизм занимает ведущее место в структуре заболеваемости и является одной из основных причин первичной инвалидности и смертности.

Стробоскопический эффект проявляется в искаженном восприятии движущихся частей оборудования. Например, вращающийся шкив кажется неподвижным или медленно вращающимся в обратную сторону. Это явление может возникнуть в результате совпадения частоты переменного тока ($f = 50$ Гц) с кратностью числа оборотов вращающихся частей оборудования.

Стробоскопический эффект может возникнуть в производственных помещениях с системой освещения люминесцентными лампами, питаемыми переменным током. Кроме того, пульсация светового потока оказывает влияние на эффективность зрительной работы, вызывая повышенную утомляемость органов зрения.

При нарушении техники безопасности на предприятии может иметь место свободный доступ к рабочим органам машины (отсутствие ограждения на приводе или его блокировки с пусковым устройством и т. п.). В общем производственном шуме не слышна работа отдельно стоящего оборудования, рабочему кажется, что оно не работает – все вращающиеся детали «стоят» на месте. Попадая руками в работающий механизм, человек может получить тяжелое увечье. В акте по расследованию несчастных случаев на производстве в графе «причина несчастного случая» нередко указано – «стробоскопический эффект».

Для устранения стробоскопического эффекта от люминесцентных ламп, необходимо питать несколько цепей таких ламп от разных фаз, либо вообще отказаться от использования люминесцентных ламп и прибегнуть к применению ламп накаливания или светодиодных систем освещения.

В простейшем случае, мерцание легко устраняется включением люминесцентных ламп в разные фазы. Как правило, для надежного устранения стробоскопического эффекта таким способом число ламп должно быть кратно двум для двухфазной сети и трем для сети трехфазной.

В обычных условиях, когда в распоряжении всего одна фаза, стробоскопический эффект можно легко устранить посредством парного включения люминесцентных ламп, когда одна из ламп подключается к сети через фазосдвигающий конденсатор или дроссель.

Благодаря реактивному элементу, между токами в двух лампах достигается такой сдвиг фаз, что когда первая лампа гаснет, вторая имеет максимальную яркость, и освещенность благодаря этому выравнивается.

УДК 331.015.11./14.

Организация рабочего места с учетом требований эргономики

Студенты гр. 10604113: Каждан М., Клевец К.
Научный руководитель – Яганова А.А.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Промышленное предприятие ныне рассматривается как организованная система производственных участков (цехов), каждый из которых имеет строго определенные функции.

Производственный цех состоит из самостоятельных производственно-хозяйственных единиц, выполняющих отдельные фазы производственного процесса. Эти производственно-хозяйственные единицы должны быть оборудованы и организованы таким образом, чтобы работник мог достигнуть наилучших технико-экономических результатов.

Эргономика рассматривает рабочее место как наименьшую производственную единицу и определяет его как систему «человек – средства производства».

Производственные процессы, протекающие на рабочем месте – это процессы целенаправленного воздействия человека на материал при использовании соответствующих машин (инструментов) в соответствии с заранее предусмотренными способами обработки. Это определение включает понятие организации рабочего места: человек, машина и материалы должны быть соответствующим образом подобраны, находиться в соответствующем месте, оснащены соответствующими средствами обработки, средствами транспорта и т.д.

Выбор материала имеет решающее значение при определении технологии производственного процесса, его трудоемкости, времени обработки и стоимости. Анализ производственного процесса на рабочем месте с целью его рационализации следует начинать именно с анализа используемого материала или даже с изучения его физико-химических свойств.

Машина, инструмент и организация труда на рабочем месте используются для переработки материала в конечный продукт. В случае, если разрабатывается проект замены старых станков на новые, либо проект оснащения станками новых предприятий, следует выбирать новейшие виды оборудования. При этом на выбор соответствующих машин и агрегатов оказывают влияние объем и стабильность производства, межремонтный ресурс и т.д.

Человек целенаправленно воздействует на материал с помощью машин и инструмента, создавая готовые изделия. От отношения человека к средствам производства зависят не только результаты его трудовой деятельности, но и обратный процесс: воздействие производственного процесса на человека, на развитие его сознания и психики.

До недавнего времени основное внимание уделялось подготовке людей к выполнению работы на определенном рабочем месте, сегодня происходит «приспособление труда к человеку» с целью полного ограждения человека от отрицательных последствий труда. При этом необходимо учитывать:

- приспособление машины к человеку. Конструкция машины должна облегчать ее обслуживание и контроль, повышать эстетику рабочего места и т.п.;
- наиболее рациональный метод обработки материала;
- условия труда, при которых снижается расход энергии работника и сводится к минимуму его утомления.

Организация рабочего места – это не только сфера деятельности инженера. В этой области работают врачи, психологи, физиологи, социологи, специалисты по охране труда, архитекторы и т.п.

УДК 636.614

Повышение безопасности труда при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сельскохозяйственном производстве

Студент гр. маг 17от: Киямов Ш.Ш.

Научный руководитель: Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

Анализ проводимой в агропромышленном комплексе республики работы по обеспечению здоровых и безопасных условий труда показывает, что во многих организациях со стороны нанимателей не всегда принимаются должные меры по обеспечению требований безопасности, установленных законодательством и нормативными правовыми актами по охране труда, а также по соблюдению работниками трудовой и производственной дисциплины. Как свидетельствуют документы специальных расследований несчастных случаев, одним из распространенных видов работ, при выполнении которых работники получают тяжелые и смертельные травмы, являются погрузочно-разгрузочные, которые относятся к числу работ с повышенной опасностью. Выполнение работ по погрузке, разгрузке и перемещению различных грузов происходит в разнообразных условиях и осуществляется различными способами: вручную, с применением простейших приспособлений и транспортных средств. Неправильные приемы выполнения погрузочно-разгрузочных работ, неправильная укладка и штабелирование грузов, небрежное обращение с легковоспламеняющимися и ядовитыми материалами, неправильное использование грузоподъемных устройств и транспортных средств могут привести к несчастным случаям. Одними из причин несчастных случаев являлись: нахождение работника в зоне возможного падения грузов с подвижного состава при погрузке и разгрузке, перемещения грузов подъемно-транспортным оборудованием; допуск водителя погрузчика к выполнению работ без соответствующей профессиональной подготовки; допуск потерпевшего к работе без проверки знаний по вопросам охраны труда. Со стороны нанимателей не всегда обеспечивается эффективный контроль за применением работниками без-

опасных приемов в работе, выполнением требований, изложенных в правилах и инструкциях по охране труда, правильным использованием средств индивидуальной защиты.

Во время погрузочно-разгрузочных работ на работника могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; подвижные части грузоподъемных машин; перемещаемые грузы, тара; неустойчиво уложенные штабели складированных товаров; повышенная подвижность воздуха; повышенное значение напряжения в электрической цепи повышенный уровень статического электричества; острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инструмента, физические перегрузки.

Все эти обстоятельства должны быть учтены при организации и выполнении погрузочно-разгрузочных работ различных грузов в сельскохозяйственном производстве. Необходимо обеспечение соблюдения требований Межотраслевых правил по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ, постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 12 декабря 2005 г. № 173 и грузовых тележек, утвержденных постановлением Минтруда и соцзащиты от 30 декабря 2003 г. № 165. Каждый работник, выполняющий погрузку-разгрузку материалов, должен хорошо знать и строго соблюдать все требования, изложенные в разработанной на предприятии инструкции по охране труда с учетом требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов. Администрация предприятия обязана создать условия для работы и обеспечить рабочие места всем необходимым для безопасного ведения работ. Погрузка, транспортировка и перемещение, а также разгрузка и размещение различных грузов осуществляются согласно требованиям технической документации заводов-изготовителей на эти грузы, содержащей указания по соблюдению мер безопасности. К выполнению работы должны допускаться лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда. К выполнению погрузочно-разгрузочных работ и размещению грузов с применением грузоподъемных машин допускаются работники, имеющие удостоверение на право производства работ. Нельзя допускать к работе (отстранять от работы) лиц в алкогольном, наркотическом и болезненном состоянии.

Для организации безопасного проведения погрузочно-разгрузочных работ на предприятии необходимо назначать из числа руководителей и специалистов лиц, ответственных за безопасное проведение погрузочно-разгрузочных работ (лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами, – при производстве работ грузоподъемными машинами) для организации и проведения погрузочно-разгрузочных работ в соответствии с требованиями охраны труда; не допускать на места производства погрузочно-разгрузочных работ и к оборудованию лиц, не имеющих прямого отношения к этим работам; производить складирование грузов по технологическим картам с указанием мест и размеров складирования, размеров проходов, проездов, с которыми должны быть под роспись ознакомлены лица, ответственные за безопасное проведение погрузочно-разгрузочных работ (лица, ответственные за безопасное производство работ кранами, крановщик, стропальщик), работники, выполняющие погрузочно-разгрузочные и складские работы; производить погрузочно-разгрузочные работы грузоподъемными машинами при отсутствии людей на местах производства указанных работ и в транспортных средствах, за исключением стропальщика при зацепке и отцепке грузозахватных приспособлений и проверке правильности строповки груза; принимать меры по предотвращению самопроизвольного движения транспортного средства при постановке его под погрузку или разгрузку; производить установку (укладку) и закрепление грузов на транспортных средствах так, чтобы во время транспортирования и разгрузки не происходило их смещение и падение; не допускать нахождения людей на платформах, автомобилях, в полувагонах и другом подвижном составе при погрузке и разгрузке их грузоподъемными кранами. В соответствии с действующим законодательством при проведении погрузочно-разгрузочных работ необходимо обеспечить работника специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, предусмотренными утвержденными нормами.

Проблемы совершенствования производственной безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ требуют комплексного изучения, что даст возможность предсказать состояние травмоопасности, предупредить несчастный случай и разрабатывать мероприятия по улучшению охраны труда работающих.

УДК 636.614

Улучшение условий труда работников животноводства на основе профилактики воздействия вредных производственных факторов

Студент гр. 12от: Куликович П.С.

Научный руководитель: Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

Животноводство включает в себя различные отрасли (скотоводство, свиноводство, коневодство, птицеводство и др.) с тяжелыми условиями труда. Главной особенностью этой отрасли является то, что от животных исходит немалая доля опасных и вредных факторов, предусмотреть которые не всегда возможно. На работающих в животноводстве воздействуют различные производственные факторы: загрязнение воздуха рабочей зоны газами, пылью и микроорганизмами; опасность заражения заболеваниями от животных; большая физическая нагрузка; микроклиматические условия, не отвечающие нормативным требованиям. Воздух животноводческих помещений загрязняется различными газами (сероводородом, аммиаком, альдегидом и т.п.) из-за разложения органических веществ. Неприятный запах может вызывать у работников тошноту и головную боль. Кроме того, в воздухе образуется пыль при приготовлении сеновой муки и измельчении корнеплодов. В такой пыли присутствуют кормовые добавки, антибиотики, витамины, микроэлементы, пух, шерсть животных. Они становятся причиной аллергических заболеваний. В животноводстве нередки случаи заражения зоонозными инфекциями – бруцеллезом, токсоплазмозом, сибирской язвой, оспой. Если персонал не соблюдает личную гигиену, возможно распространение паразитов – глистов, аскарид, трихинелл. На птицеводческих фермах есть опасность заболеть орнитозом, туберкулезом, токсоплазмозом. В борьбе с инфекциями ветеринарной службе требуется применение различных химических средств.

Несмотря на механизацию трудоемких процессов в животноводстве, на многих предприятиях все еще выполняются отдельные операции вручную. Немеханизированный труд доярок, скотников, телятниц относится к тяжелому физическому труду. В совокупности с вынужденным положением тела это приводит к их профзаболеваниям – радикулитам, тендовагинитам и др. Плохой микроклимат (повышенные и пониженные температуры воздуха, сквозняки) приводят к широкому распространению простудных заболеваний у работающих.

Одной из основных задач охраны труда в животноводстве является обеспечение биологической безопасности работников. Условия труда на животноводческих фермах (комплексах) приближаются к условиям труда промышленных предприятий, где соблюдение работниками правил производственной санитарии и личной гигиены играет большую роль. Одним из помещений, играющих важную роль на животноводческих предприятиях, является ветсанпропускник, через который проходит обслуживающий персонал. Ветсанпропускник должен иметь женские и мужские раздевалки со шкафчиками, душевые, комнаты для надевания рабочей (санитарной) спецодежды и обуви, туалеты, помещения для стирки, сушки и глажения спецодежды. К ветсанпропускнику примыкают остальные служебные помещения комплекса или соединяются с ним специальным коридором (крытым проходом). В каждом производственном помещении предусматривают бытовую комнату для обслуживающего персонала и санитарный узел. Перед входом на производственную территорию комплекса все работники обязаны в помещении ветеринарно-санитарного пропускника снять свою одежду, обувь и оставить их в гардеробной (в шкафу, закрепленном за каждым работником), принять

душ и надеть чистую, продезинфицированную спецодежду или санитарную одежду. По окончании работы снять спецодежду, сдать ее для стирки и дезинфекции, пройти душ, надеть свою одежду и обувь. Выходить в спецодежде и спецобуви, а также выносить их за пределы хозяйства (комплекса) запрещается. Персонал, обслуживающий животных, обязан строго соблюдать меры личной профилактики и санитарно-гигиенические – правила, подвергаться всем установленным медицинским прививкам и исследованиям; строго соблюдать санитарно-гигиенический режим и четко выполнять санитарно-гигиенические мероприятия, направленные на предохранение людей от заражения во время работы, снижения до минимума время контакта с животными, кормовыми смесями, продукцией животноводства, экскрементами животных и отходами производства, в том числе за счет средств индивидуальной защиты. Перед приемом на работу животноводы должны пройти медицинское обследование, которое затем проводят раз в год. Кроме того, регулярно (не реже одного раза в три месяца) рабочие, служащие и специалисты комплекса проходят профилактические медицинские осмотры.

Животноводческие предприятия отделяются от населенных пунктов санитарной зоной. Ее размеры зависят от вида деятельности и мощности предприятия, но составляют не менее 500 м. Для защиты окружающей среды от загрязнения следует правильно хранить и использовать навоз и сточные воды (они должны подвергаться биологическому и химическому обеззараживанию); планомерно бороться с болезнями животных, переносчиками инфекционных заболеваний, паразитирующими насекомыми. В животноводческих помещениях, благополучных по инфекционным заболеваниям охрана воздуха от загрязнителей (пыль, газы микроорганизмы) осуществляется механической очисткой стен, пола, потолка и оборудования; поддержанием в рабочем состоянии приточно-вытяжной вентиляции; содержанием территории в необходимом санитарном состоянии при наличии насаждений деревьев и кустарников.

Лица, посещающие животноводческое предприятие, обязаны пройти санитарную обработку в ветеринарно-санитарном пропускнике и надеть спецодежду и обувь (галюши). Для этой цели в пропускнике хранят специальный резерв халатов и обуви. Всем лицам, кроме обслуживающего персонала, входящим на территорию комплекса, запрещается соприкасаться на фермах с животными и кормами.

УДК 631.3

Улучшение условий труда при применении пестицидов в теплично-парниковых хозяйствах

Студент гр. 12от: Нижевич Ю.А.
научный руководитель: Молош Т.В.,
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск

Для борьбы с вредителями болезней растений и сорняками в сельском хозяйстве широко используется химический метод, который высокоэффективен, экономически выгоден, доступен для массового применения. Однако большинство пестицидов ядовито для человека, животных, птиц. Некоторые пестициды легко воспламеняются или взрывоопасны, отличаются высокой летучестью и загрязняют воздух. Отдельные из них – очень стойкие химические вещества, способные накапливаться в организмах и внешней среде.

Применение пестицидов в условиях защищенного грунта разрешается в исключительных случаях при массовом размножении вредителей и при угрозе потери урожая. Организация защиты растений в теплично-парниковых хозяйствах (комбинатах) должна проводиться преимущественно за счет биологических средств борьбы с вредителями и болезнями растений. Обработка пестицидами проводится специальной бригадой по защите растений.

В тепличных хозяйствах (комбинатах), в зависимости от их мощности, следует предусматривать отдельно стоящий склад (здание) минеральных удобрений и пестицидов. Биопре-

параты должны храниться отдельно от пестицидов в изолированной секции склада в неповрежденной заводской упаковке. Здания складов минеральных удобрений и пестицидов размещаются с подветренной стороны, по отношению к административным, бытовым и производственным помещениям тепличного хозяйства. На территории складов пестицидов следует предусмотреть оборудованные твердым покрытием, навесами, техническим водопроводом и канализацией площадки для базирования, очистки и обеззараживания оборудования, используемого при химической обработке растений, почвы и субстрата от остатков пестицидов. Пестициды отпускаются со склада по письменному распоряжению лица, ответственного за проведение химических работ в теплицах (агроном, бригадир по защите растений и др.), в количестве, необходимом для однократного использования в затаренном упакованном виде.

В теплицах для приготовления рабочих растворов пестицидов специально оборудуются растворные узлы, оснащенные локальной вытяжной вентиляцией и средствами механизации. К месту использования растворы пестицидов подаются по самостоятельной системе трубопроводов. Отдельные очаги заболеваний растений и скопления насекомых, вредителей обрабатывают с помощью ранцевой аппаратуры, опрыскивателей типа ОЗГ–120А или других агрегатов. Работы, связанные с обеззараживанием растений, почвы, субстратов и оборудования, фумигацией, дезинфекцией производственных помещений, необходимо проводить специально подготовленными бригадами в составе не менее двух человек (один из которых назначается старшим) с соблюдением продолжительности обработки, концентраций и норм препаратов, требований безопасности. За бригадой закрепляются инструменты, оборудование и средства защиты.

Фумигация, дезинфекция теплиц перед вводом их в эксплуатацию или по окончании вегетационного периода должны проводиться в ранние утренние или вечерние часы при температуре воздуха в теплицах не выше +25 °С. Работы по фумигации необходимо проводить с разрешения органов санитарного надзора специальными бригадами под руководством специалиста по защите растений, объект фумигации обозначают специальным знаком «Вход воспрещен – ГАЗ!».

Возобновление работ после фумигации необходимо проводить в строгом соответствии с утвержденными гигиеническими регламентами используемых фумигантов. После обработки растений пестицидами теплицы необходимо опечатать и обозначить соответствующими предупредительными знаками. Сроки выхода персонала теплиц на обработанные пестицидами площади для проведения ручных и механизированных работ по уходу за растениями должны соответствовать установленным регламентам. Нельзя допускать вход в теплицы ранее регламентированных сроков выхода людей на обработанные пестицидами площади. Следует учитывать, что максимальное насыщение пестицидами воздуха наступает через 6–10 часов после завершения обработки растений пестицидами.

Работа в теплицах после проведения ликвидационных и дезинфекционных мероприятий (с учетом установленных сроков выхода) должна проводиться после тщательного сквозного проветривания, при полностью открытых фрамугах после проведения целевого инструктажа по охране труда с соответствующей записью в журнале. Работы, связанные с рыхлением почвы в теплицах, разрешается проводить не ранее чем через 5 суток после обработки. Перед началом обработки почвы необходимо предупредить всех присутствующих и удалить из теплицы посторонних лиц.

В теплицах должны быть заведены журналы строгого учета расхода пестицидов и других средств защиты растений с освещением в них перечня, дозировок используемых химических, биологических средств, способов и даты их применения отдельно по каждому участку и в целом по хозяйству (комбинату).

Химический метод является частью интегрированной системы защиты растений и должен применяться совместно с другими нехимическими приемами и способами борьбы с вредными объектами. Необходимость применения пестицидов в каждом конкретном случае должна быть строго обоснована.

Химические технологии

Возможность использования промышленных отходов в качестве строительных материалов

Студент гр. 10405317: Минишко Е.В.

Научный руководитель: Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Вязущие вещества, используемые в строительстве и ряде отраслей промышленности, весьма разнообразны по своему химическому составу и свойствам.

Гидравлические вязущие вещества, будучи затворенными водой, после схватывания и твердения на воздухе продолжают твердеть, сохранять и наращивать прочность, как в воздушной, так и во влажной (водной) среде. Минеральные вязущие вещества – это тонкоизмельченные порошкообразные материалы, образующие при смешивании с водой пластичное тесто, которое самопроизвольно или в определенных условиях постепенно затвердевает и переходит в камневидное состояние. Таким образом, вязущие вещества могут скреплять между собой камни (например, кирпич) или зерна песка, гравия и щебня. Это свойство вязущих веществ используют для приготовления на их основе растворов, бетонов, безобжиговых искусственных каменных материалов и изделий.

Для повышения водостойкости указанных композиционных материалов в составы вводят 0,5 % льняного масла или 2 % гидрофобизирующей добавки.

Гидравлические вязущие вещества в отличие от воздушных затвердевают и сохраняют свою прочность не только на воздухе, но и в воде. Гидравлические вязущие вещества применяются как в сухих, так и во влажных условиях, там. Их используют в кладочных и штукатурных растворах для наружных стен, фундаментов и получения бетона, железобетона, асбестоцементных и других изделий.

Для жидкого стекла характерны свойства неорганических полимеров. Жидкое стекло твердеет медленно – в результате слипания и уплотнения частиц свободного кремнезема (кремнегеля) при испарении воды и воздействия углекислого газа воздуха

В данной работе исследовалась возможность применения шлака БМЗ в качестве строительного материала. В качестве вязущего (модифицирующей добавки) использовалось сухое жидкое стекло состава (Na_2O – 25,4 %, SiO_2 – 73 %) в количестве 10, 20 и 40 г. Для изготовления образцов композиционного материала, шлак БМЗ предварительно просеивали через сито с размером ячейки 0,1 мм. Сухое жидкое стекло предварительно растворяли в воде. Замешивалась тестообразная масса и формовались стандартные образцы в виде таблеток. Полученные образцы подвергались термообработке при 200 °С в течение 7 ч. Изготовленные образцы исследовались на водопоглощение и прочность. Для повышения гидрофобных свойств данного композиционного материала, образцы дополнительно обрабатывались гидрофобом.

Наилучшие прочностные характеристики демонстрируют образцы с сухим жидким стеклом состава (Na_2O – 25,4 %, SiO_2 – 73 %) в качестве модифицирующей добавки. Максимальные исследуемые показатели демонстрируют образцы с содержанием данного модификатора в количестве 40 г. Несмотря на относительно высокое водопоглощение негидрофобизированных образцов 31,7 %, после гидрофобизации водопоглощение снижается значительно до 11,4 %. Прочностные характеристики с увеличением содержания сухого жидкого стекла улучшаются: с 21, 3 до 56,68 кг/см² для 10 и 40 г соответственно. Прочностные характеристики могут быть улучшены добавлением в композиционный материал дополнительных наполнителей (песок, гранитный отсев и т.д.). Для повышения водостойкости указанных композитов можно предположить введение кремнефтористого натрия.

Студент гр. 10404117: Трусевич Е.А.

Научный руководитель: Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Бетон является на сегодняшний день одним из самых популярных строительных материалов. Бетонные основания имеют достаточно пористую поверхность, что ухудшает прочность конструкции и позволяет просачиваться влаге, постепенно его разрушающей. Поэтому защитить поверхность изделий можно обработкой специальными материалами: мастикой, краской или лаком, специальной пленкой, биоцидными жидкостями, пропитками специальными растворами и т.д. Такие пропитки проникают глубоко в поры бетона, обеспечивают его высокую стойкость к износам, образованию пыли, а также высокую поверхностную прочность.

Нами изучался золь-гель метод покрытия бетонных изделий. В качестве исходного компонента, во многом определяющего пленкообразующие свойства синтезируемого материала, был выбран раствор тетраэтоксисилан (ТЭОС) $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ с массовой долей основного вещества 97 % и плотностью $0,94 \text{ г/см}^3$. Пропиловый спирт использовался как растворитель. Катализатором процесса гидролиза тетраэтоксисилана являлась хлороводородная кислота. Состав для получения золя приведен в таблице 1.

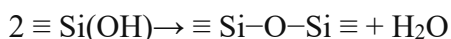
Таблица 1 – Состав для получения золя

ТЭОС	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	H_2O	HCl	pH
50 мл	250 мл	200 мл	5–6 капель	4

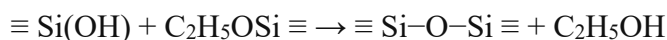
Гидролиз тетраэтоксисилана протекает по следующей схеме:



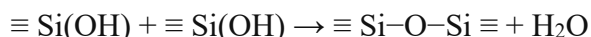
Одновременно с гидролизом начинается процесс поликонденсации, протекающий по двум возможным путям. Во-первых, происходит взаимодействие двух силанольных групп (оксоляция), которое сопровождается выделением воды:



Во-вторых, – взаимодействие силанольной группы с алкоксидом кремния (алкоксоляция), что приводит к выделению молекулы спирта:



Далее протекает реакция поликонденсации с образованием силоксановых связей:



Продукты реакции, этанол и вода, вновь участвуют в процессе гидролиза. Указанные реакции ведут к появлению круглых кремнеземистых частиц в золе, а затем в результате их коагуляции – к гелеобразованию. Вязкость пленкообразующего раствора является важным критерием, влияющим на качество получаемого золь-гель методом покрытия. Полученный золь наносился на бетонные образцы, которые затем испытывались на водонасы-

щение и истираемость. Водонасыщение косвенно характеризует остаточную пористость и является одной из характеристик структуры материала. Водонасыщение контрольного образца равно 1,9 %. У образцов, покрытых одним слоем золя – 0,19 %. Истираемость бетона определяется потерей массы образца на круге истирания типа Беме и ЛКИ-2. Для контрольного образца истираемость составила 0,07 г/см³, а для образцов с золем – 0,08 г/см³.

УДК 691:658.567

Использование промышленных отходов для получения строительных материалов

Студент гр. 10405417: Гусаковский Е.Л.

Научный руководитель: Глушонок Г.К.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Значительную часть вторичных материальных ресурсов составляют побочные промышленные продукты, получение которых не является целью производственных процессов, но выход их как отходов производства неизбежен при сложившейся технологии. Объем этих продуктов промышленности увеличивается более высокими темпами, чем общественное производство, и имеет тенденцию к опережающему росту. Только на удаление их и складирование расходуется в среднем 8–10 % стоимости основной производимой продукции.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов. Однако, общий уровень утилизации промышленных отходов остается ещё недостаточным. Огромные количества промышленных отходов накоплены в отвалах. Для складирования отходов отчуждаются огромные площади земельных угодий. Промышленные отходы отрицательно влияют на экологические факторы. Сосредоточенные в отвалах, шлаконакопителях, хвостохранилищах, они загрязняют поверхностный сток в районах размещения промышленных предприятий. Сброс промышленных отходов приводит в конечном счете к загрязнению вод Мирового океана, которое вызывает резкое снижение его биологической продуктивности и отрицательно влияет на климат планеты.

Вредные вещества, отравляющие атмосферу и водоемы, в некоторых случаях целесообразно извлекать для получения затем ценных химических продуктов. Для этого создаются энерготехнологические комплексы, производящие не только электроэнергию, но и такие вещества, как сульфат аммония, сернистый ангидрид. На ряде металлургических предприятий освоена технология регенерации металлов путем переработки шлаков, шламов и так далее. Каждая тонна алюминия, извлеченного из отходов, обходится в 10 раз, меди – в 6 раз, цинка – в 3,5 раза и свинца – в 2,5 раза дешевле, чем те же металлы, выплавленные обычным способом из рудного сырья. Эффективное решение проблемы промышленных отходов – внедрение безотходных технологий. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы или побочные продукты одних производств являются исходными материалами других. Из отраслей-потребителей промышленных отходов, являющимися побочными продуктами различных производств, наиболее потребляющей является производство строительных материалов. Учитывая, что затраты на материальные ресурсы в сметной стоимости строительства составляют более 55 %, то, очевидно, можно утверждать, что применение побочных промышленных продуктов – это один из путей повышения эффективности производства строительных материалов.

Все побочные продукты промышленности можно разделить на две группы: минеральные (неорганические) и органические. Наибольшее значение для производства строительных материалов имеют минеральные продукты, которые составляют большую часть всех отходов, производимых добывающими и перерабатывающими отрас-

лями промышленности. Эти побочные продукты в большей мере изучены, чем органические. П.И. Баженов предложил классифицировать побочные промышленные продукты в момент выделения их из основного технологического процесса на три следующих класса: А – продукты, не утратившие природных свойств; Б – искусственные продукты, полученные в результате глубоких физико-химических процессов; В – продукты, образовавшиеся при длительном хранении в отвалах.

Продукты класса А (карьерные остатки и остатки после обогащения на полезное ископаемое) имеют химико-минералогический состав и свойства соответствующих горных пород. Область их применения обусловлена агрегатным состоянием, фракционным и химическим составом, физико-механическими свойствами. Преимущественно минеральные продукты класса А применяются как заполнители бетонов, а также как исходное глинистое, карбонатное или силикатное сырьё для получения разнообразных искусственных строительных материалов (керамики, извести, автоклавных материалов и других).

Продукты класса Б получают в результате физико-химических процессов, протекающих при обычных или чаще высоких температурах. Диапазон их возможного применения шире, чем продуктов класса А. Особенно эффективно использование этих отходов там, где продуктивно реализуются затраты топливно-энергетических ресурсов и рабочей силы на их получение. Применение подобных продуктов рационально прежде всего при производстве цементов, материалов автоклавного твердения, где повышенная реакционная способность исходного сырья дает высокий экономический эффект.

Продукты класса В образуются в результате физико-химических процессов, протекающих в отвалах (самовозгорание, распад шлаков и образование порошка, и другие). Типичными представителями сырьевых материалов этого класса являются горелые породы.

Однако, приведенная классификация требует обязательного учета химических характеристик побочных продуктов. В зависимости от преобладающих в их составе химических соединений продукты можно разделить на следующие группы: силикатные, карбонатные, известковые, гипсовые, железистые.

Большая часть природных и искусственных минеральных побочных продуктов промышленности состоит преимущественно из кремнезема, силикатов и алюмосиликатов кальция и магния. Это объясняется тем, что они являются отходами добычи и переработки природных силикатных материалов, на долю которых приходится 86,5 % массы земной коры. Силикатные побочные продукты можно разделить на четыре группы в зависимости от структуры и химического состава.

Первая группа – в которой кремнезем связан в силикаты или алюмосиликаты кальция, находящиеся преимущественно в стекловидном состоянии. При высокотемпературном обжиге с карбонатом кальция из них можно получить портландцементный клинкер. Типичные представители – гранулированные доменные и фосфорные шлаки.

Вторая группа – в которой кремнезем связан в силикаты или алюмосиликаты, находящиеся в кристаллическом состоянии. Они не проявляют активность при нормальных температурно-влажностных условиях. В эту группу входят медленно охлажденные отвальные металлургические шлаки и электротермофосфорные шлаки, а также побочные продукты горнодобывающей промышленности.

Третья группа – в которой кремнезем находится преимущественно в свободном состоянии в виде кварца. Типичные представители – хвосты обогащения различных руд, сырья химической промышленности, вскрышные породы.

Побочные продукты второй и третьей групп утилизируются в качестве нерудных строительных материалов, как сырьё для производства автоклавных материалов, керамики, стекла.

Четвертая группа – в которой силикаты кальция присутствуют как в гидратированном, так и негидратированном состоянии. Это шламы металлургических производств (нефелиновые, бокситовые, сульфатные и другие). Эти побочные продукты

применяются для производства так называемых шламовых цементов, портландцемента, изделий автоклавного твердения.

В настоящее время разрабатываются и более тонкие классификации побочных промежуточных продуктов с учетом не только химического состава сырья, но и условий его образования (медленное или быстрое охлаждение и так далее).

УДК 541.45:541.135

Композиционный материал на основе кобальтита лантана

Студент гр.10402117: Ширяев Е.А.

Научный руководитель: Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Сложные оксиды переходных и редкоземельных металлов (РЗМ) со структурой перовскита ABO_3 -типа играют важную роль во многих каталитических реакциях, устройствах преобразования энергии, магнитных процессах. Материалы на их основе отличаются высокой термической стабильностью и устойчивостью в жестких окислительно-восстановительных условиях.

Одними из перспективных материалов в данном классе являются замещенные кобальтиты РЗМ, отличающиеся особыми физико-химическими свойствами, например, $La_{0,6}Sr_{0,4}CoO_3$. По литературным данным известно, что каталитическая активность кобальтитов со структурой перовскита существенно выше при разупорядоченном расположении катионов в А-положении решетки. Допирование катионной А-подрешетки обеспечивает появление кислородных вакансий, что приводит к высокой кислород-ионной проводимости материала. При этом зафиксирован и частичный переход Zd-металла в В-подрешетке в другие валентные состояния, что создает высокую электронную проводимость сложного оксида. Физико-химические свойства замещенных кобальтитов сильно зависят не только от состава, но и условий приготовления образцов.

Нами на основе базовой перовскитной структуры замещенного кобальтита лантана $La_{0,6}Sr_{0,4}CoO_3$ путем замены соединений чистого лантана на более дешевый технический полилантаноидный концентрат получен сложный кобальтит состава $Ln_{0,6}Sr_{0,4}CoO_3$, где Ln – смесь металлов цериевой группы: La, Nd, Ce, Pr. Синтез полилантаноидного кобальтита проводился термическим разложением (1170-1270 К) смеси нитратов кобальта (II), стронция и нитратного технического концентрата РЗМ. Из полученного полиоксидного порошка были изготовлены путем изотермического спекания керамические образцы. Рентгенографическим методом был изучен фазовый состав полученных образцов. Данные этих измерений указывают на формирование после спекания двухфазной структуры: перовскитной и флюоритной фаз с кубическими решетками. Перовскитная кубическая фаза является дефицитной по А-положению, что может свидетельствовать о высокой кислород-ионной проводимости полученного материала. Формированию кубической дефектной перовскитной структуры полилантаноидного кобальтита, по-видимому, способствует замена лантана в А-положении решетки на смесь редкоземельных элементов. Вторая фаза представляет собой высокоцериевую флюоритную фазу $CeO_2-La_2O_3$ с содержанием оксида церия до 90 %.

Полученный композиционный оксидный материал на основе замещенного полилантаноидного кобальтита может быть рекомендован для изучения его каталитической активности в реакциях глубокого окисления. Опираясь на литературные данные, можно предположить, что полученный микрогетерогенный оксидный материал, сочетающий две фазы – перовскитную и флюоритную, будет обладать высокой термической стабильностью, что является важным свойством для многих каталитических материалов.

УДК 621.745

Исследование состава ультрадисперсных порошков соединений титана, иттрия и бора и перспективы их использования в литейных технологиях

Студент гр.10405417: Автухов А.А.

Научный руководитель: Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

На кафедре химии БНТУ проведено микроскопическое исследование ультрадисперсных образцов карбида, нитрида титана (TiC , TiN) и карбида бора (B_4C) по стандартной методике электронномикроскопическим методом с использованием растрового микроскопа LEO-1420. Кроме того, идентификацию твердых фаз проводили оптическим методом с использованием микроскопа типа Полам Л-213 (видимый проходящий поляризованный свет). Для исследования форм и размера частиц порошка была использована *сканирующая электронная микроскопия* (электронный микроскоп VEGA II LMU с микроанализатором INCA ENERGY 350 ЭМВ).

На рисунке 1 представлены снимки нанодисперсных образцов карбида бора в проходящем видимом свете (увеличение $\times 350$), а на рисунке 2 – карбида титана в проходящем поляризованном свете (увеличение $\times 500$).

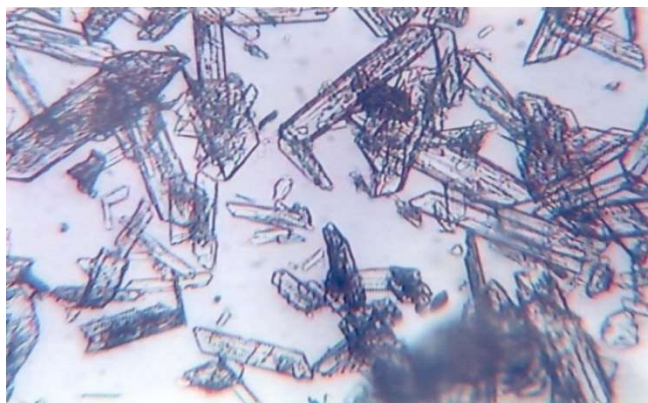


Рисунок 1 – Фотографии нанодисперсных образцов карбида бора в проходящем видимом свете

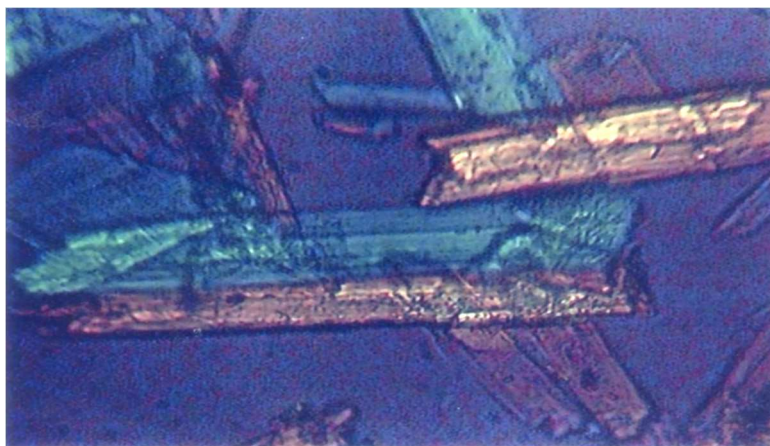


Рисунок 2 – Фотография нанодисперсных образцов карбида титана в проходящем поляризованном свете

Как видно из рисунков, частицы порошков образованы первичными структурными элементами, имеющими преимущественно пластинчатую (для карбида бора) и содержащую равноосные включения форму (для карбида и нитрида титана) и размер (после дробления) около 50–200 нм, которые объединяются в агрегаты различной формы с размером до 900 нм. Химический состав всех синтезированных образцов однороден: образцы содержат 98,0–99,5 % мас. основного вещества.

На следующем этапе работы образцы были переданы для исследования способов ввода дисперсного порошка в базовый состав модификатора (НИЛ МТФ). Исходные компоненты в необходимых количествах взвешивались на аналитических весах и загружались в лабораторный смеситель. Из полученной однородной смеси методом пресования изготавливались брикеты общий вид которых представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид брикетов модификатора раскислителя, содержащего исследуемые ультрадисперсные соединения титана и бора

УДК 546.536

Вязущие композиции на основе диборида титана и щелочных связующих

Студент гр.10402117: Петрович Ю.В.

Научный руководитель: Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Развитие отраслей новой техники требует создание новых материалов, способных сохранять свои физико-химические свойства при повышенных температурах в условиях агрессивных сред. Таким требованиям удовлетворяют вязущие на основе фосфатных, силикатных и алюмосиликатных связующих (АСС), в основе которых лежат процессы кислотно-основного взаимодействия. При этом образуются новые соединения, формирование которых приводит к возрастанию механической прочности, термической устойчивости композиций и появлению адгезии, что дает возможность склеивать друг с другом самые разнообразные материалы. Однако, композиции на фосфатных связующих, как показали ранее проведенные исследования, при повышенных температурах несколько разупрочняются, что ограничивает область их применения. В этом плане более перспективным является применение силикатных и алюмосиликатных связующих. Поэтому в работе использовали в качестве вязущего жидкие стекла (натриевое и калиевое), модуль которых варьировали в интервале от 1,5 до 3,0. Синтез АСС осуществляли путем добавления, полученного ранее алюмината натрия ($\text{NaAl}(\text{OH})_4$), к жидкому стеклу ($m = 3,0$, $d = 1,4 \text{ г/см}^3$) при непрерывном перемешивании до получения однородной консистенции. Количество алюмината к жидкому стек-

лу составляла соответственно от 15–20 к 85–80 % (по объему). Степень нейтрализации жидкого стекла составляла, таким образом, 15–20 %.

Известно, что при введении в состав порошковой составляющей компонентов, обладающих особыми электрофизическими свойствами, могут быть получены композиции, для которых характерны свойства исходных компонентов. Количество наполнителя (TiB_2) подбирали экспериментальным путем таким образом, чтобы, с одной стороны получить удобную консистенцию для нанесения на подложку и одновременно достичь максимальных физико-химических и электрофизических свойств композитов. Удельная поверхность TiB_2 составляла $5 \text{ м}^2/\text{г}$. В результате проведенных исследований установлено, что увеличение модуля жидкого стекла с 1,5 до 3,0 при оптимальном Т:Ж – (1,5–2) : 1 способствует увеличению прочностных характеристик композиций с 11–12 до 16–17 Мпа, снижению пористости композиций с 35 до 25 % вследствие уменьшения количества воды, вводимого жидким стеклом, увеличению электропроводности с 10^{-3} до $10^{-4} \text{ Ом}^1\text{м}^1$. При этом возрастает гидролитическая устойчивость композитов, в результате связывания свободной щелочи, образующейся при твердении составов.

Установлено, что усложнение анионного состава вяжущих при переходе жидких стекол к АСС способствует увеличению адгезионных свойств композиции с 5–8 Мпа до 9–11 Мпа. Электропроводность составов остается практически неизменной при сопоставлении с составами на жидком стекле. Показано, что термообработка составов до 150–200 °С приводит к сокращению сроков схватывания, что благоприятно сказывается на механических и электрофизических свойствах композитов.

Установлено, что полученные композиты сохраняют электрические, адгезионные свойства в инертной и восстановительной атмосферах при $T = 1273 \text{ К}$ и более.

Показано, что составы демонстрируют высокое сопротивление окислению на воздухе до 800–850 °С. При более высоких температурах TiB_2 начинает медленно окисляться до B_2O_3 , который препятствует дальнейшему быстрому окислению диборида титана.

Таким образом, разработанные составы на основе щелочных связующих и диборида титана могут быть использованы в качестве основы для сочленения электроконтактных деталей, работающих в агрессивных газовых средах при повышенных температурах.

УДК 691.5

Смешанные вяжущие с использованием шлама ХВО

Студент гр. 10405417: Вертинский Л.С.

Научный руководитель: Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Шламовые отходы, образующиеся в результате химводоочистки и умягчения воды на ТЭЦ являются одним из многотоннажных побочных продуктов энергетической отрасли промышленности. Химический состав шламов обусловлен особенностями технологических процессов их образования и представлен в основном $CaCO_3$ (до 80 %), $MgCO_3$ (3–4 %), SiO_2 (4–5 %), Al_2O_3 (2–3 %), Fe_2O_3 (3–5 %).

Длительное хранение шламов в специальных шламонакопителях и на полигонах промышленных отходов загрязняет окружающую среду в результате инфильтрации в почву, в подземные воды, а также выноса пыли с поверхности накопителей и полигонов в атмосферу.

Учитывая стабильность химического состава шлама и значительного содержания в нем карбоната кальция, большой интерес представляет изучение возможности его

применения в качестве заменителя природных карбонатных наполнителей в смешанных цементах для получения строительных растворов.

Особенностью шламов является присутствие в них значительного количества адсорбционно-связанной воды. Адсорбционная вода в виде тонких оболочек вокруг частиц твердой фазы обеспечивает начальную прочность контакта и структурирование шламов. Поэтому, чем меньший размер имеет твердая частица, тем тоньше и прочнее водная адсорбционная оболочка и выше клеящая способность шламов. Наибольшей эффективностью при использовании в цементных системах обладают ультрадисперсные шламы с развитой активной поверхностью частиц твердой фазы.

Исходя из вышеизложенного, целью работы являлась разработка составов и изучение основных физико-технических свойств смешанных цементов с наполнителем из шлама водоумягчения ТЭЦ. Изучалось влияние наполнителя на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, равномерность изменения его объема и прочность цементного камня.

Высокая удельная поверхность и химическая активность шламов позволяют сделать предположение о целесообразности использования их не только в виде уплотняющих добавок, но и как химически активных наполнителей с целью повышения прочности цемента. Введение шлама в количестве 10–15 % приводит к ускорению начала схватывания и не оказывает существенного влияния на изменение конца схватывания цементного теста. Отмечаемое сокращение сроков начала схватывания, может быть объяснено повышением степени гидратации вяжущего вследствие раздвижки зерен клинкера частицами шлама, а также более интенсивным отвердеванием составляющих портландцементного клинкера в присутствии тонкодисперсного карбонатного наполнителя и усилением его роли в формировании устойчивой структуры цементного камня. Характер поведения твердеющих систем с повышенным содержанием карбонатного шламов позволяет сделать предположение, что резкое увеличение интенсивности начального структурообразования в присутствии карбонатного шлама может быть обусловлено активацией процессов гидратообразования на подложке тонкодисперсного кальцита.

В цементных системах с добавками тонко дисперсного кальцита возможны два основных процесса формирования структуры твердения и прочности:

- за счет взаимодействия наполнителя с продуктами гидратации и твердения цементов;
- за счет наращивания кристаллов на затравках кристаллизации тонкодисперсного наполнителя.

Анализ результатов кинетики твердения и прочности цементно-песчаных растворов показал, что эффективность карбонатного шлама как добавки активатора твердения повышается с увеличением количества цемента в смеси.

Подобный характер действия добавки подтверждает высказанное ранее предположение о том, что механизм активирующего влияния карбонатного шлама обусловлен, главным образом наращиванием гидратных фаз на подложке тонкодисперсного кальцита. С увеличением доли вяжущего в составе композита количество кристаллизующихся гидратов возрастает, обеспечивая тем самым большую карбонатную активацию гидратационного процесса и в целом повышение прочности материала.

Для формирования оптимальной структуры твердения необходимо, чтобы образование гидратов, вызывающих уплотнение и расширение, происходило ранее, чем образование гидратов, упрочняющих материал.

Выполненные исследования показали возможность использования карбонатных шламов с целью регулирования процессов начального структурообразования цементно-песчаных композиций. Оптимальной дозировкой карбонатного шлама является 10–15 % от массы вяжущего.

Студент гр.10405417: Яковенко В.В.

Научный руководитель: Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Бетон до сих пор остается одним из самых широко используемых строительных материалов благодаря его экологичности, дешевизне и технологичности. Тем не менее, бетон так же как и другие материалы подвергается разрушению в процессе эксплуатации. Это и механическое истирание, а также процесс коррозии, происходящий как под влиянием природных воздействий, как-то перепады температуры, действие влаги и микроорганизмов, так и под воздействием различных химических реагентов на вредных производствах (сульфатная или хлоридная коррозии). В результате происходит разрушение верхнего слоя бетона, образование трещин, пыление.

Для улучшения эксплуатационных свойств бетона используются различные способы упрочнения верхнего слоя, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Большинство методов основано на модификации верхнего слоя бетонной подложки, которая может осуществляться путем: а) добавления в верхний слой наполнителя из мраморной крошки; б) формирования магнезильного калия из смеси хлорида магния и каустического магнезита; в) использования пескоцемента или цементов высоких марок.

Последний способ по технологии исполнения схож с методом так называемого «топпинга», когда в верхний слой добавляют сухой упрочнитель бетона, содержащий как основу цементное вяжущее с металлическими или минеральными, а также полимерными добавками. Упрочняющая смесь втирается в верхний слой бетона и далее уплотняется затирочными машинами.

Большинство упрочняющих пропиток, представляющих собой жидкие составы, хорошо проникают в бетон, заполняя трещины и поры. Они не представляют собой отдельный поверхностный слой, поэтому не отслаиваются, тем самым обеспечивая значительную износостойкость. По химическому составу они разделяются на пропитки на неорганической и органической основе. По назначению пропитки можно условно разделить на гидрофобизирующие, обеспыливающие и упрочняющие, хотя многие из них выполняют сразу несколько из этих задач. Пропитки в целом отличаются от упрочняющих добавок тем, что пропитывают уже готовое изделие, добавки же используют в процессе их изготовления. Таким образом, пропитки играют важную роль на стадии ремонтных работ, особенно при ремонте бетонных полов складских и промышленных помещений.

Одним из способов упрочнения бетона составами на неорганической основе является флюатирование – метод, который позволяет превратить растворимые соединения бетона в химически нерастворимые. Недостатки флюаторования – это недостаточная герметизация бетона, остаточная паропроницаемость, а также небольшое пыление. Хорошо себя зарекомендовали упрочняющие пропитки на основе литиевых силикатов. Небольшие молекулы проникают в поверхностный слой, заполняя трещины и реагируя с компонентами бетона, что приводит к образованию прочной, беспыльной, устойчивой к воздействию влаги и агрессивным средам поверхности.

В настоящее время одной из наиболее востребованных направлений в модификации верхнего слоя бетона с целью его упрочнения является образование полимербетона. Органические составы изготавливают на основе акрила, эпоксидной смолы или полиуретана. Хорошо себя зарекомендовало упрочнение бетона полиуретаном, которым насыщают верхний слой с последующим преобразованием в полимербетон. Такой бетон обладает хорошими физико-механическими характеристиками. Он стоек к истиранию, ударным воздействиям, беспыльный, непроницаем по отношению к жидкостям.

Студент гр. 10405317: Герасикова А.А.

Научный руководитель: Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Гипсовые вяжущие вещества отличаются от всех известных минеральных вяжущих и веществ быстрым твердением, хорошими формовочными свойствами и наибольшей экономичностью. Это позволяет сравнительно просто и в короткие сроки производить их на основе различные виды перспективных изделий для сборного строительства, характеризующихся сравнительно невысокой плотностью (800–1500 кг/м³), достаточной прочностью, хорошими акустическими и теплофизическими свойствами.

В каждом строящемся здании наиболее дорогостоящими, трудо- и материалоемкими, а также тяжелыми конструкциями являются стены и перегородки. Поэтому использование в этих целях гипсовых и гипсобетонных изделий представляется наиболее перспективным. Для изготовления гипсовых изделий используются низкообжиговые гипсовые вяжущие вещества (ГОСТ 125 марки Г-2...Г-7) всех сроков твердения и степени помола.

Получаемые изделия характеризуются низкой водостойкостью, поэтому их разрешается использовать в зданиях с сухим и нормальным режимом помещений.

Для снижения себестоимости изделий в составе гипсобетонной смеси используются смеси заполнителей. Это позволяет сэкономить до 40 % вяжущего. Кроме того, применение заполнителей позволяет получить изделие с заданными средней плотностью, теплопроводностью, гвоздимостью и другими свойствами.

К неорганическим заполнителям относят топливные и металлургические шлаки, песок, щебень, гравий и др. В качестве органических заполнителей используют опилки, отходы целлюлозы, льняные очесы и др.

Роль арматуры могут выполнять органические волокна, равномерно распределенные в самой формовочной массе или армирующие материалы, являющиеся частями конструкции самого изделия. Стальная арматура в гипсовых изделиях корродирует, поэтому ее применяют редко и тщательно защищают от коррозии специальными покрытиями. В производстве гипсовых изделий широко применяют добавки, регулирующие скорость твердения гипса.

С целью уменьшения плотности гипсовых изделий и расхода вяжущего в процессе подготовки гипсового теста иногда добавляют пено- и газообразующие добавки, получая пеногипсовые и газогипсовые изделия плотностью 300–800 кг/м³. Пену получают с помощью различных гидрофильных и гидрофобных поверхностно-активных веществ.

Производство газогипса осуществляется за счет поризации гипсового теста углекислым газом, выделяющегося в результате химической реакции между вводимыми карбонатными добавками кислот. В этих целях используют сильные кислоты H₂SO₄, HCl и их соли, а также кислот средней силы (щавелевую, винную, янтарную и т.д.).

В качестве наполнителей применяют тонкомолотый известняк, доломит, карбонатсодержащие отходы различных производств.

Недостатки газогипса известных составов – низкая прочность и водостойкость (обусловленная образованием непрочных и легкорастворимых сульфатов щелочных и щелочноземельных металлов), неоднородность ячеистой структуры и не технологичность, обусловленная короткими по времени и интенсивным газообразованием в процессе взаимодействия серной кислоты с карбонатами. При повышенных количествах серной кислоты образуется непрочный (менее 0,1 МПа) материал с неравномерно рас-

пределенными в объеме «рваными» незамкнутыми ячейками. Кроме того, применение серной кислоты связано с повышенными требованиями к промышленной санитарии и сильной коррозией металлической технологической оснастки.

При изучении газообразующего действия кислот установлено, что наиболее эффективными являются кислоты средней силы ($K_g \sim 10^{-2}-10^{-5}$), соли кальция, которых малорастворимы в воде. Этим требованиям удовлетворяют щавелевая, винная, янтарная кислоты. Процесс поризации гипсовой массы добавками этих кислот заканчивается в основном в течение 3–10 мин и зависит от $K_{\text{дис}}$ кислот.

УДК 666.942

Шлаковые вяжущие

Студент гр.10405417: Тулевич М.А.

Научный руководитель: Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Шлаки – побочные продукты высокотемпературных процессов выплавки металлов сжигания твердого топлива, а также некоторых химических производств.

Металлургические шлаки образуются при взаимодействии топлива, пустой породы, содержащейся в руде и плавней. Их подразделяют на шлаки черной и цветной металлургии. При оценке шлаков как сырья для строительных материалов важной характеристикой их химического состава является процентное соотношение основных и кислотных оксидов – модуль основности (M_o). При $M_o > 1$ шлаки относят к основным, при $M_o < 1$ – к кислым.

Анализом диаграмм состояния соответствующих систем оксидов установлена возможность существования в шлаках до 40 двойных и тройных соединений, ведущее положение среди которых занимают силикаты, алюмосиликаты, алюминаты и ферриты.

Практически во всех металлургических шлаках в том или ином количестве наряду с продуктами кристаллизации содержится стекловидная фаза. В отвальных медленно охлажденных основных шлаках количество стекла незначительно, а в гранулированных шлаках оно достигает 98 %. Стекло являясь термодинамически неустойчивой фазой, в значительной мере определяет химическую активность шлаков. Установлено, что шлаковые стекла взаимодействуют с водой значительно интенсивнее, чем кристаллы минералов.

С увеличением содержания в шлаках стекловидной фазы их гидравлическая активность и, соответственно, прочность растворов и бетонов повышается. Из всех видов металлургических шлаков наиболее широко применяются в производстве строительных материалов доменные шлаки, что обусловлено их ведущим положением в общем балансе металлургических шлаков, а также близости их состава к составу цемента и способностью при быстром охлаждении приобретать гидравлические свойства.

Основную массу доменных шлаков получают при выплавке перелельных и литейных чугунов.

Способность шлаков при затворении водой схватываться и твердеть при определенных температурах и влажностных условиях, зависит от их химического и фазового состава. При обычной температуре и без активизирующих добавок измельченные шлаки практически не обладают способностью твердеть. Это объясняется отсутствием или низким содержанием в них в данных условиях достаточного количества активных фаз. Практически единственным, кристаллическим компонентом шлаков, способным хотя и медленно, но твердеть при нормальной температуре, является – двухкальцевый силикат. Ряд других минералов приобретает гидравлические свойства лишь в условиях повышенной температуры и давления, водяного пара и присутствии активизаторов. Значительно

интенсивнее, чем кристаллы минералов, взаимодействуют с водой шлаковые стекла. Высокая внутренняя химическая энергия стекла, обеспечивает его повышенную растворимость, результатом чего является образование пересыщенных растворов, их кристаллизация и, как следствие последней, затвердевание и образование искусственного камня.

Механизм гидратации шлакового стекла заключается в проникновении в стекло отрицательно заряженных гидрофильных ионов, нарушающих электростатическое равновесие системы и приводящее к разрушению шлака.

При обычных условиях без активизирующих добавок гидратации препятствует образование на поверхности частичек стекла пленок гидратированного кремнезема. Разрушению этих пленок и обнажению новых поверхностей шлаковых зерен способствует введение в водный раствор щелочных соединений и сульфатов, содержащих ионы Ca^{2+} , $(\text{OH})^-$ и $(\text{SO}_4)^{2-}$. При щелочной активизации гидратированный кремнезем связывается в гидросиликаты и гидроалюмосиликаты кальция, при сульфатной – сульфат кальция непосредственно взаимодействует с глиноземом, гидроксидом кальция, водой с образованием гидросульфалюминатов. В шлакосодержащих портландцементов реализуется комбинированная сульфатно-щелочная активизация шлаков. При этом на активность цементов наряду с содержанием шлака существенно влияет их состав и тонкость измельчения.

Эффект щелочной и сульфатной активизации увеличивается с повышением основности шлаков. При сульфатном возбуждении активность шлаков растет также по мере увеличения в них оксида алюминия. Роль щелочных активизаторов могут выполнять – известь, щелочи, сода и другие соли щелочных металлов слабых кислот, портландцемент, а роль сульфатных – двуводный гипс, ангидрит, сульфат натрия.

Повышение гидравлической активности шлаков обеспечивает тонкое измельчение, так как при этом повышается реагирующая поверхность зерен. Но особенно сильно действуют на проявление вяжущих свойств шлаков химическая активизация и водотепловая обработка в автоклавах. Активизаторы тщательно смешивают со шлаком или совместно подвергаются помолу (сульфатно-шлаковые, известково-шлаковые вяжущие), или затворяются водными растворами (шлако-щелочные вяжущие).

СОДЕРЖАНИЕ

Результаты научной деятельности студентов, магистрантов факультета в 2017/2018 гг.	3
--	---

Металлургия черных и цветных сплавов

Кулик М.А., Скируха А.С., Миронович А.Ю., Жук К.А. Замена алюминиевой катанки гранулами из отходов алюминия	5
Кулик М.А., Позняк О.А., Самусева А.И., Скируха А.С. Влияние технологии плавки отходов алюминия на возможность использования образующейся пыли	6
Шевчук В.Ю., Бычик А.В. Магнийсодержащая лигатура на основе меди для чугуна с шаровидным графитом	8
Кулик М.А., Позняк О.А., Евтушков А.В., Хоронеко И.А. Препарат для разжижения рафинировочных шлаков на основе отходов от переработки вторичного алюминия.....	12
Уласик А.С., Сидоркин А.С. Обработка расплава стали модификаторами, содержащими щелочноземельные металлы	16
Жук К.А. Жидко-твердофазные процессы получения литейных композиционных сплавов на основе алюминия.....	18
Жук К.А. Определение возможности металлических сплавов к стеклованию	19
Можейко Д.П., Чертобой В.В. Разработка состава термостойкого покрытия для литья по газифицируемым моделям на базе комплексного наполнителя	21
Позняк О.А. Особенности формирования структуры и свойств отливок при литье под давлением	23
Борковский Н.В. Современные процессы индукционной плавки	24
Бобков Е.С. Развитие технологий производства листового проката в условиях металлургических мини-заводов.....	25
Бородейко Д.А. Повышение качества непрерывнолитой заготовки	26
Роскач А.И. Основные направления совершенствования ваграночных процессов	28
Мурашко А.Ю. Использование вторичных энергоресурсов в металлургии и машиностроении	29
Ярошевич П.В. Интенсификация плавки в ДСП	30
Крисеева Н.А. Повышение энергоэффективности работы металлургических печей.....	31
Менчицкая Т.Н. Анализ использования вторичных материальных ресурсов в металлургии и машиностроении.....	33
Горбаль М.С. Анализ технологий внедоменного производства чугуна.....	34
Шараев А.В., Косьян Д.Н. Анализ индукционного и газового нагрева заготовок перед пластической деформацией	36

Материаловедение в машиностроении

Барисков Н.В. Исследование плотности материалов и их подделки	38
Астрашаб Е.В. Фазовый состав и трибомеханические свойства газотермических покрытий из высокохромистых сталей 40X13 и Lastifil 812, напыленных с использованием высокоэнтальпийного газа МАФ	39
Гладинов А.Д. Расчет концентраций и температур плавления эвтектик в системе La–Si	41
Довыденков В.Г. Некоторые особенности диффузионного борирования металлических порошков на основе железа в порошковых насыщающих средах.....	44
Дударева А.Л. Мировые производители стали.....	46
Дылевский И.В. Материалы ядерных и радиационных установок	47
Дылевский И.В. Радиационно-стойкие материалы	48
Иванов А.И. Азотирование сталей.....	50
Иванов А.И. Обработка экспериментальных данных средствами Statistica.....	52
Иванов А.И. Технология газового азотирования стальных деталей	54
Иванов А.И. Технология ионно-плазменного азотирования стальных деталей	55
Корниенко А.Д. Влияние термодиффузионного цинкования на прочностные свойства термически обработанных крепежных изделий для строительных металлоконструкций	57
Кривенький А.В, Синкевич А.П. Применение сплавов с эффектом памяти формы в медицине	59
Лешок В.А. Принципы маркировки сталей в Китае.....	60
Лешок В.А. Основные марки сталей и их зарубежные аналоги	62
Моисеева А.Ю. Использование монокристаллов в современной технике	64
Моисеева А.Ю. Современные жаропрочные сплавы.....	65
Судников М.А. Комбинированная технология упрочнения стальных деталей на основе электроискрового легирования и химико-термической обработки.....	66

Машины и технология литейного производства

Русевич О.А., Горбань И.Н. Использование языка программирования Visual Basic для расчета коэффициентов и построение уравнений регрессии полного факторного эксперимента	70
Русевич О.А., Горбань И.Н. Современные методы повышения качества жидкостекольного связующего материала	72
Ярошевич А.И. Высококремнистые чугуны.....	74
Ярошевич А.И. Графитизирующее и сфероидизирующее модифицирование чугуна.....	76

Радионон М.В. Кинематический анализ плоского шарнирно-рычажного механизма с использованием SOLIDWORKS	78
Куликов С.А., Михайлов И. Использование отходов производства в качестве модифицирующих добавок для железоуглеродистых сплавов	80
Куликов С.А., Скворцов А.А. Явления самоорганизации частиц в ультрадисперсных системах.....	81
Каменец М.В., Павлович В.С. Возможности фрактальной параметризации при исследовании материалов с гетерогенной структурой	83
Шишпор К.Д., Наркевич К.А. Антифрикционные сплавы на основе цинка	84
Скворцов А.А. Проектирование кокиля	85
Скворцов А.А. Расчет толщины стенки кокиля.....	87

Машины и технология обработки металлов давлением

Брушков П.А. Получение композиционного антифрикционного материала с последующим газопламенным напылением фторопласта	90
Милейко М. Н. Технология изготовления метизных деталей кабин тракторов методом ПКП.....	92
Кривулец П.М. Наложение сдвиговых деформаций при разделении прутков методом поперечно-винтовой прокатки	94
Войшнис В.В., Колос Д.С. Исследования кинематических и силовых параметров процесса изготовления трубчатых изделий малого диаметра из ленты	95
Фролов А.В., Крук Д.С. Компьютерное моделирование сферодвижной штамповки конического зубчатого колеса в 3D-DEFORM	97
Луцкий Ю. И., Калишук П. А. Чистовая вырубка листовых металлов встречными матрицами	99
Калишук П. А., Луцкий Ю. И. Штамп для чистовой вырубки листовых металлов встречными матрицами	102
Калиновский О.В., Ляпко В.С., Кузнецов Н.И. Технологии повышения эксплуатационных свойств штампового инструмента.....	104
Зарецкий В.Н. Изучение особенностей получения тарельчатых пружин.....	106
Кудласевич М.А., Суховеев Я.А. Исследование процесса прокатки антифрикционных материалов с добавками наноматериалов.....	108

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

Жук В.А. Перспективы применения тонкопленочных покрытий карбида кремния.....	112
Караминадик Иман. Изменения структуры и концентрации легирующих элементов в техническом алюминии, полученные в режиме сверхглубокого проникания (СГП).....	114

Киселевич Р.А. Сравнительный анализ сварки обода колеса БелАЗ с использованием моделирования в SOLIDWORKS	115
Мамонов А.М., Гришанов М.Я. Оксидные керамо-огнеупорные материалы для металлургических процессов и производств	117
Назаров Д.А. Разработка градиентного материала PdHx	118
Яркевич Е.В., Гришанов М. Я., Лобанова М.А., Фисенко М.В., Серeda В.Ю. Изучение влияния модифицирующих добавок в покрытии электродов марки УОНИ–13/55 на глубину проплавления и микроструктуру наплавленного металла....	121

Охрана труда и промышленная безопасность

Есипович Д.А. Требования охраны труда при работах на открытом воздухе при повышенных температурах.....	124
Логвинов Р.Д. Охрана труда при эксплуатации компрессорной установки AtlasCopcoGA 55	126
Макаревич В.И. Техническое обслуживание огнетушителей.....	127
Белый П.Ю. Техника безопасности при эксплуатации аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ)	129
Бородин В.А. Техника безопасности при работе в стоматологических поликлиниках.....	131
Коваленко И.Н., Матарас Т.Д. Влияние на безопасность труда индивидуальных качеств, характера и темперамента работника.....	133
Коваленко И.Н., Юнцевич А.Ф. Аэроионизация и ее воздействие на человека.....	134
Матарас Т.Д., Юнцевич А.Ф. Особенности применения ионизаторов воздуха.	136
Телешова Е.В., Прищепчик Н.И. Условия труда работающих в гальванических цехах	138
Горбань И.Н., Дудинская Ю.В. Условия труда работающих в цехах термической обработки металлов	140
Болбас И.А., Иванова О.А. Охрана труда женщин	141
Алексеева И.В., Бурмич А.Д. Меры безопасности при эксплуатации и ремонте паротурбинных установок.....	143
Музыкантова К.С. Система защитных барьеров безопасности АЭС	144
Кулаков В.М., Мосевич С.В. Метод сетевого моделирования и управления как способ определения причины опасной производственной ситуации	145
Бойко Е.Г., Лазарь А.С. Обеспечение безопасности персонала атомной станции.....	146
Мордик А.В. Стробоскопический эффект как причина производственного травматизма и предупреждение его образования	148

Буцура Н.И., Архипенко П.Р. Воздействие на человека bluetooth-гарнитуры и Wi-Fi роутера.....	149
Моняк Д.М., Терешко К.И. Электронные антикражные системы.....	150
Герасимович В.А., Иванов В.Ю., Голубев А.А. Анализ эффективности и безопасности современных систем автоматического пожаротушения	153
Зданович С.В. Охрана труда при проведении ультразвукового неразрушающего контроля сварных соединений	154
Лодято А.П, Милевский П.А. Монтаж охранно-пожарной сигнализации: общие правила безопасности	155
Шульжицкий Д.С. Правила охраны труда для инженера-электроника	156
Чижонок М.В., Поводайко А.Д. Безопасность при производстве радиоэлектронной аппаратуры и проведении экспериментов.....	157
Цурковская А.А. Пожарный гидрант как источник питьевой воды.....	158
Жук Н.А., Мирошниченко В.П. Безопасность использования лазера в строительном производстве	159
Панкова В.С. Соблюдение требований по охране труда при привлечении специалистов к работе по рабочим профессиям	160
Вечерский М.В. Аттестация рабочих мест по условиям труда.....	162
Марцинкевич В.В., Федотова Н.И. Охрана труда в европейском союзе	163
Федотова Н.И. Требования к организации рабочего места и проведению работ	165
Марцинкевич В.В. Передовой опыт управлением рисками в области охраны труда	166
Подоляко К. А., Волынчикова Е. В, Тюшкевич Е. Влияние короткого замыкания на фактор взрывонепроницаемости	168
Каранкевич В.В. Меры безопасности при обслуживании газопроводов	169
Авхутская В.О., Куприй Ю.С., Малашенко А.Л. Действие персонала при пуске котла в работу	171
Голуб А.Л., Мильянович В.В., Милютикова Л.С. Меры безопасности при обслуживании оборудования паросилового хозяйства	172
Григулевич А.А., Пинчук Д.М., Шадура А. О воздействии производственного шума на человека	174
Мартинovich И.С., Савченко Д.П., Полховский И.Н. Меры безопасности при обслуживании котла в условиях аварийной ситуации.....	175
Стрижова В.А., Короленко Т.В., Таранчук А.С. Организация безопасного рабочего места при обслуживании теплосилового оборудования	176
Струков М., Лавров М., Радечко Е. Применение сухих трансформаторов для обеспечения пожарной безопасности	178

Богдан Д.В., Смолковская Д.М. Пожарная опасность электроустановок и пути ее снижения	179
Харченко К.Г., Свирилин М.В. Меры безопасности при эксплуатации оборудования газового хозяйства.....	181
Рапопорт Д.Л., Кириллов В.А., Шайков М.М. Опасность коротких замыканий в электрических сетях.....	183
Амельченко М.И. Современные средства для оказания первой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях	184
Колтунович И.А. Исследования условий труда персонала тоннелепроходческого комплекса HerrtknechtAVN 1200 участка № 1 строительного управления № 173 ОАО Трест № 15 «Спецстрой» г. Минска	185
Мордик А.В. Стробоскопический эффект как причина производственного травматизма и предупреждение его образования	186
Каждан М., Клевец К. Организация рабочего места с учетом требований эргономики.....	187
Киямов Ш.Ш. Повышение безопасности труда при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сельскохозяйственном производстве.....	188
Кулинкович П.С. Улучшение условий труда работников животноводства на основе профилактики воздействия вредных производственных факторов.....	190
Нижевич Ю.А. Улучшение условий труда при применении пестицидов в теплично-парниковых хозяйствах	191

Химические технологии

Минишко Е.В. Возможность использования промышленных отходов в качестве строительных материалов.....	194
Трусевич Е.А. Золь-гель метод покрытия бетонных изделий.....	195
Гусаковский Е.Л. Использование промышленных отходов для получения строительных материалов	196
Ширяев Е.А. Композиционный материал на основе кобальтита лантана	198
Автухов А.А. Исследование состава ультрадисперсных порошков соединений титана, иттрия и бора и перспективы их использования в литейных технологиях.....	199
Петрович Ю.В. Вяжущие композиции на основе диборида титана и щелочных связующих.....	200
Вертинский Л.С. Смешанные вяжущие с использованием шлама ХВО.....	201
Яковенко В.В. Способы упрочнения бетонного покрытия	203
Герасикова А.А. Изделие на основе гипсовых вяжущих веществ	204
Тулевич М.А. Шлаковые вяжущие	205

Научное издание

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XIX Республиканской студенческой научно-технической конференции

24–25 апреля 2018 года

Подписано в печать 05.10.2018. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 14,30. Уч.-изд. л. 5,60. Тираж 50. Заказ 705.

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.