

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XVII Республиканской студенческой научно-технической конференции

20–22 апреля 2016 года

Минск
БНТУ
2016

УДК 669 (082)
ББК 34.3
Н76

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

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

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

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

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

Крутилин А. Н., канд. техн. наук, доцент;

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

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

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

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

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

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

Меженцев А. А., канд. техн. наук, доцент.

РАБОЧАЯ ГРУППА:

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

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

Голубцова Е. С., д-р техн. наук, доцент;

Вейник В. А., ст. преподаватель;

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

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

Проворова И. Б., канд. техн. наук, доцент;

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

Гмырак В. Н., помощник ген. директора НТП БНТУ «Политехник»

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Кулинич И. Л.

СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ

Журневич А. В.

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

Ворошнин Леонид Григорьевич
(20.02.1936 – 2.06.2006)

Ворошнин Леонид Григорьевич – один из основателей научной школы белорусских металлургов, дважды лауреат премии имени Н.А. Минкевича, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении»¹. Основные его работы, в том числе 17 монографий и первый в Беларуси учебник, посвящены проблемам химико-термической обработки металлов и сплавов. Им получено более 160 авторских свидетельств и патентов.

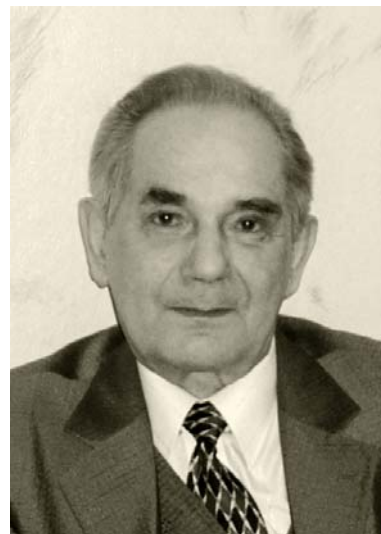
Выпускник Челябинского политехнического института Л.Г. Ворошнин в 1959 году стал одним из первых аспирантов кафедры.

Любознательность и трудолюбие – вот фундамент для роста настоящего ученого. Диссертация Л.Г. Ворошнина была посвящена исследованию электролизного борирования стали (1965). Эта работа положила начало большому циклу исследований, которые принесли кафедре известность не только в Советском Союзе, но и за рубежом.

Была разработана детальная методология исследования процессов химико-термической обработки (ХТО). В становлении и развитии научной школы химико-термической обработки невозможно переоценить вклад профессора Ворошнина. Под руководством Леонида Григорьевича и при его личном участии разработано более 100 новых диффузионных покрытий как многоцелевого, так и специального назначения: жаростойких, износостойких, антикоррозионных, кавитационностойких и т.д. Причем необходимо отметить активное исследование металлотермических насыщающих сред и разработку промышленных технологий ХТО на их основе (в том числе и внепечным методом). Разработаны и внедрены в промышленность технологии получения защитных диффузионных слоев различного назначения на железоуглеродистых сплавах, легированных сталях и на тугоплавких металлах.

Л.Г. Ворошнин на протяжении многих лет продолжал исследовать закономерности насыщения бором разных материалов. Результаты этого труда нашли отражение в монографиях, написанных им лично и в сотрудничестве с известными специалистами в области ХТО: Л.С. Ляховичем, В.Ф. Лабунцом, М.В. Киндрачуком и А.А. Алиевым: «Борирование стали» (1967; 1978); «Борирование промышленных сталей и чугунов» (1981); «Износостойкие боридные покрытия» (1989); «Борирование из паст» (2006). Процесс силицирования был детально исследован и подробно изложен в монографии «Силицирование металлов и сплавов» (1972), написанной в соавторстве Л.С. Ляховичем, Э.Д. Щербаковым, Г.Г. Паничем. Некоторые результаты исследований технологии получения износостойких диффузионных слоев отражены в монографиях: «Химико-термическая обработка твердых сплавов» (написана в сотрудничестве с Ю.Н. Громовым, Г.В. Борисенком, В.Н. Лебедевым; 1989); «Износостойкие боридные покрытия» (1969).

Актуальной проблеме защиты от кавитации посвящена монография, написанная в соавторстве с членом-корреспондентом РАН, профессором М.М. Абачараевым и профессором Б.М. Хусидом: «Кавитационностойкие покрытия на железоуглеродистых



¹ Кафедра «Металловедение» была переименована в 1977 г. – «Металловедение и термическая обработка металлов», в 1990 г. – «Материаловедение в машиностроении» в связи с подготовкой инженеров новых специальностей.

сплавах» (1986). В монографиях, написанных лично Л.Г. Ворошниним, «Антикоррозионные диффузионные покрытия» (1981) и, в соавторстве со своими учениками: Ю.С. Шолпаном, С.А. Тамело, В.А. Шавгой «Защита от коррозии оборудования предприятий агропромышленного комплекса» (1992), отражена лишь часть информации об исследованных антикоррозионных покрытиях.

Профессор Ворошнин не терпел некомпетентных и скоропалительных заявлений в науке. Все обдумав и неоднократно проверив на практике, он формировал свое представление о вопросе, а затем отстаивал свое мнение, невзирая на чины и ранги. Он не признавал деления науки на прикладную и функциональную и говорил по этому поводу: «Наука либо есть, либо ее нет ...». С 1997 г. профессор Л.Г. Ворошнин был членом двух специализированных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций БПИ-БГПА-БНТУ², членом редколлегии межведомственных сборников «Защитные покрытия на металлах» (АН УССР), «Металлургия» (БССР), председателем республиканской секции Металловедения и термической обработки металлов ВСНТО машиностроительной промышленности СССР, президентом научного Общества термической обработки и инженерии поверхности Республики Беларусь. Он был человеком глубоко порядочным, честным и, безусловно, талантливым.

Особо следует подчеркнуть вклад профессора Л.Г. Ворошнина в разработку теории и технологии получения целой гаммы многокомпонентных диффузионных слоев на основе металлоподобных соединений: боридов, карбидов, силицидов и т.д. Широко известны труды, написанные учеными кафедры: монография «Многокомпонентные диффузионные покрытия» (авторы: Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин, Г.Г. Панич, Э.Д. Щербаков; 1974) и справочник «Химико-термическая обработка металлов и сплавов» (изданный в 1981 коллективом кафедры под редакцией Л.С. Ляховича, переизданный на многие европейские языки, а в 1985 году – на японском языке). Они уже давно являются общепризнанными классическими книгами по химико-термической обработке.

Спектр научных интересов Леонида Григорьевича Ворошнина и его учеников был весьма широк. Он занимался созданием новых сплавов (в их числе – броневая сталь для башен самоходных спаренных ракетных установок), теорией и практикой их объемного и поверхностного упрочнения, в том числе и ХТО композиционных материалов. Монография «Химико-термическая обработка металлокерамических материалов» (1977) написана в сотрудничестве коллегами: профессорами Л.С. Ляховичем, Ф.Г. Ловшенко и доцентом Г.Ф. Протасевичем.

Особое внимание профессор Л.Г. Ворошнин уделял изучению и математическому моделированию процессов массопереноса при ХТО, а также процессов структурообразования диффузионных слоев. Широко известны его работы, написанные в сотрудничестве с профессорами Б.М. Хусидом и Б.Б. Хиной, в том числе: «Диффузионный массоперенос в многокомпонентных системах» (1979); «Многокомпонентная диффузия в гетерогенных сплавах» (1984) и другие работы, опубликованные в научных журналах.

Для оптимизации технологии ХТО (корреляции структуры получаемых диффузионных слоев и их свойств в зависимости от условий ХТО, химического состава насыщаемого материала, состава насыщающей смеси) Л.Г. Ворошнин и его ученики использовали научное планирование эксперимента – «активный» эксперимент (метод симплекс-планов).

Ворошнин Леонид Григорьевич изучал и особенности ХТО микрообъектов. Существенные отличия в целях ХТО микрообъектов, технологических схемах и в процессах структурообразования нашли отражение в монографии «Теория и практика получения

² Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт (БПИ) в 1991 г. был преобразован в Белорусскую государственную политехническую академию (БГПА), в 2002 г. – в Белорусский национальный технический университет (БНТУ).

защитных покрытий с помощью ХТО», написанной в соавторстве с учениками – членом-корреспондентом, профессором Пантелеенко Ф.И., доцентом³ Константиновым В.М.

Леонид Григорьевич обладал энциклопедическими знаниями и великолепной памятью. Результаты научно-исследовательской работы анализировал и незамедлительно внедрял в учебный процесс. Лекции были обстоятельны - логика его рассуждений делала их простыми и понятными. Студенты относились к нему с неподдельным уважением. Они были очарованы умом, обаянием и добротой профессора. В 1996 году Леонид Григорьевич награжден нагрудным знаком «Отличник образования Республики Беларусь». Многолетний опыт преподавания на кафедре позволил ему написать учебник «Теория и технология химико-термической обработки», который предлагает систематизированное и последовательное изучение материала, начиная от основных теоретических вопросов, и, заканчивая анализом результатов ХТО.

Огромная работоспособность, упорство, аналитические способности, научное предвидение и, конечно же, талант – вот, что сделало Леонида Григорьевича Ворошнина крупным учёным. Трудовая и научная деятельность Л.Г. Ворошнина отмечена медалями «За доблестный труд» (1970 г.), «Ветеран труда» (1988 г.), двумя серебряными (1987, 1988 гг.) и бронзовой (1969 г.) медалями ВДНХ СССР, почетной грамотой Верховного Совета Республики Беларусь (1992 г.). Он лауреат премии Министерства высшего и среднего образования СССР (1979 г.), дважды лауреат премии имени Н.А. Минкевича (за лучшую научно-исследовательскую работу в области разработки и внедрения технологических процессов и новых видов оборудования для термической обработки – в 1979 и 1983 гг.).

С именем Леонида Григорьевича Ворошнина связано становление целой школы исследователей термической и химико-термической обработки. Со многими из них, несмотря на большие расстояния их разделявшие, многие годы его связывала настоящая дружба. Леонид Григорьевич бережно относился к своим ученикам, давал возможность вырасти профессионально, с отеческой любовью исправлял ошибки, терпеливо объяснял существо проблемы и настойчиво формировал мышление настоящих ученых. Он щедро делился научными гипотезами, да и результатами экспериментальных исследований.

Под руководством профессора Л.Г. Ворошнина обучались и успешно защитили диссертации аспиранты из многих стран – Белоруссии, России, Молдавии, Украины, Дагестана, Кубы, Сирии, Ирана, Словакии, США, Израиля и других. Леонид Григорьевич воспитал немало известных ученых; подготовил более 65 кандидатов и 2 доктора технических наук. Научная школа, созданная профессором Л.Г. Ворошнинным, успешно работает – своим ученикам и последователям оставил интересные научные идеи.

В нашей памяти Леонид Григорьевич останется как преданный своему делу ученый, талантливый педагог, добрый, порядочный и обаятельный человек.

³ С 2006 года заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении», доктор технических наук, профессор.

**Литейное
производство
чёрных и цветных
металлов**

Студенты: гр.104111 Семенец И.Б., гр.10405112 Биятов Н.М.,
гр.10405113 Мурашко И.А.

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

Проблеме утилизации техногенных отходов металлургического производства во всем мире уделяется большое внимание. В настоящее время в России в шлаковых отвалах, по независимым оценкам накоплено более 300 млн. т шлаков сталеплавильного, литейного и ферросплавного производств, которые подлежат переработке по существующим технологиям [1, 2].

Значительная доля отходов металлургического производства приходится на сталеплавильные шлаки, выход которых составляет в среднем от 150 до 200 кг/т стали. Таким образом, при существующих объемах производства стали в Российской Федерации ежегодно образуется в среднем 9 млн. т шлаков текущего сталеплавильного производства [3]. При этом 95% объема шлаков сталеплавильного производства составляют печные шлаки. В их состав входит до 10% чистого металла, а также 15 – 40% в виде оксидов железа. Общее количество железа в шлаках, которое можно извлечь, составляет 20 – 30% от массы шлака. Чистое железо находится в форме корольков и настылей.

Опыт переработки отвальных шлаков показывает, что на каждом предприятии сложились технологические приемы, которые учитывают специфику свойств перерабатываемых шлаков. Однако можно выделить и ряд уже признанных технологических решений, которые можно рекомендовать в качестве типовых. В технологическую схему разработки техногенных образований рекомендуется включать следующие виды работ:

- рыхление, усреднение и перемещение отвальной массы на участки временного складирования;

- извлечение из разрабатываемой отвальной массы металлических включений, лома огнеупоров, разрушение шлаковых массивов, содержащих металл и огнеупоры;

- доставку перерабатываемых материалов из забоев, т.е. мест непосредственной разработки отвала и временных складов на дробильно-сортировочные установки (ДСУ) для дальнейшей переработки;

- вторичную переработку отвальной массы на ДСУ с целью полного извлечения металла и огнеупоров, придания им товарного вида и получения продуктов из минеральной составляющей;

- дополнительную обработку магнитного продукта, включающую отчистку от шлака, сортировку по крупности и содержанию металла с получением присадок для обогащения шихты доменных печей и окускованного металлоконцентрата для сталеплавильного и литейного производств.

Для переработки и разделки крупных шлаковых массивов, содержащих включения металла и огнеупоров, применяют приемы подрывной и копровой разделки лома и разрушения негабарита, а для извлечения металла и огнеупоров из отработанных шлаков – способы обогащения полезных ископаемых.

Процессы разработки техногенных образований на всех стадиях связаны с обработкой и перемещением больших объемов отвальной массы, поэтому их эффективность и экономическая целесообразность оправданы при максимальной механизации всех трудоемких работ.

Получение продукции из отвальных шлаков, как правило, заключается в уменьшении исходной крупности до соответствующей техническим условиям и включает операции дробления, сортировки, классификации, измельчения и извлечения полезных компонентов и осуществляется на ДСУ. Степень дробления составляет 6 – 12 единиц в процессах производства

щебня и щебеночных смесей и 100 – 500 при получении песка, абразивов, мелиорантов и минеральных порошков.

Подбор состава оборудования для переработки отвальных шлаков представляется сложной технической задачей, основанной на оптимизации таких факторов, как работоспособность, надежность, производительность, износостойкость, эффективность. Для дробления отвальных шлаков преимущественно применяют щёковые дробилки, а роторные дробилки практически не применяются из-за интенсивного износа рабочих органов [4].

Практически все виды продукции при переработке отвальных шлаков находят применение в различных отраслях производства и успешно конкурируют с природными материалами. Массовыми видами являются щебень, песок, щебеночно-песчаные смеси для дорожного строительства, оборотный и магнитный продукты и металлоконцентрат для доменного, сталеплавильного и литейного производств, удобрения и мелиоранты для сельского хозяйства. В меньших объемах из отвальных шлаков производятся абразивные материалы для струйной обработки поверхностей, зернистые материалы для фильтров и защитных покрытий для мягких кровельных материалов, наполнители и пигменты для шпатлевок, красок, мастик и линолеума [4].

Одним из способов использования шлаков является производство из них абразивных порошков для пескоструйной обработки. Актуальность этой технологии обусловлена тем, что во всех европейских странах запрещено использовать в качестве абразива материалы, содержащие более 1% кремния в свободной форме, а для обработки должен использоваться менее токсичный материал [5].

Экономическая эффективность переработки техногенных образований складывается из ряда факторов, ведущим из которых является экологический. Использование отходов взамен природного сырья предотвращает ущерб наносимый окружающей природной среде, как от воздействия самого техногенного образования, так и от всей технологической цепочки, включающей разработку месторождения и получение товарного продукта.

В числовом выражении, например, эффективность от замены природного щебня шлаковым при строительстве автомобильных дорог составляет порядка 140 тыс. российских рублей на 1 км.

Использование 1 т металлопродукта, извлеченного из отвального мартеновского шлака, обеспечивает до 300 рублей экономии при замене 1 т покупного стального лома. Эти примеры можно продолжить, так как в составе отвальных шлаков накоплен целый комплекс ценного вторичного сырья [4].

Переработка сталеплавильных шлаков из отвалов по существующей технологии – трудоемкий и энергозатратный процесс, имеющий ряд недостатков:

- огромные площади, занимаемые отвалами и дробильно-сортировочными установками;
- высокие энергетические, трудовые и временные затраты;
- низкая степь извлечения металла с полной потерей оксидного железа;
- низкое качество готовых продуктов;
- невозможность полной локализации парогазовых и пылевых выбросов.

Кроме того, в сталеплавильных шлаках значительная доля металла присутствует в виде оксидов FeO и Fe₂O₃, а при переработке шлаков в строительный щебень металл из оксидов не извлекается. Потери металла со шлаком на сегодня в Российской Федерации составляет 1,0–1,2 млн. тонн в год [4].

Следует также помнить, что свалка металлургических шлаков загрязняет атмосферу, негативно влияет на социальную и эстетическую ситуацию, отрицательно воздействует на здоровье населения.

Вместе с тем существует потенциальная возможность значительно снизить энергозатраты на переработку шлаков и возвращать в передел до 90% металла из шлака. Заслуживает внимания схема комплексной переработки шлаков, предложенная во ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» [2]. Она предусматривает расположение за сталеплавильной печью агре-

гата комплексной обработки шлака (АКОШ), в котором предполагается до извлечения металла путем жидкофазного восстановления оксидов и осаждения королек. При восстановлении железа протекает активно за счет дешевых углеродосодержащих материалов (энергетические, бурые угли, отходы углеобогащения и др.) до остаточного содержания оксидов железа в щелке 5 – 7 %, что достаточно для обеспечения качественных характеристик щебня для строительной индустрии.

В мире пока не осуществлено промышленное внедрение данной технологии, но мировой опыт подобных исследований указывает на принципиальную возможность и экономическую эффективность процесса.

Список использованных источников

1. Смирнов, Л.А. Переработка и использование техногенных отходов металлургического производства / Л.А. Смирнов, Л.И. Леонтьев, Ю.В. Сорокин // *Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: труды международного конгресса*. – Екатеринбург, 2012. – С. 15 – 19.

2. Комплексная переработка жидких сталеплавильных шлаков с восстановлением железа и получением качественной товарной продукции / А.Г. Шакуров [и др.] // *Сталь*. – 2014. – № 2. – С. 75 – 81.

3. Технология и оборудование для переработки и стабилизации жидких сталеплавильных шлаков / А.Г. Шакуров [и др.] // *Проблемы черной металлургии и материаловедения*. – 2013. – № 2. – С. 44 – 48.

4. Демин, Б.Л. Техногенные образования из металлургических шлаков как объект комплексной переработки / Б.Л. Демин, Ю.В. Сорокин, А.И. Шимин // *Сталь*. – 2000. – № 11. – С. 99 – 102.

5. Пономарев, В.Б. Переработка металлургических шлаков методом пневматической сепарации / В.Б. Пономарев // *Сталь*. – 2015. – № 2. – С.82 – 83.

УДК 621.74

Оптимизация процесса получения отливки «Колесо» из высокопрочного чугуна с использованием САПР ProCAST

Студент гр.10405112 Финогентов Д.П.

Научные руководители – Бежок А.П., Розум В.А.

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

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

Целью работы являлось исследование технологии получения отливки «Колесо» из сплава ВЧ50, а также оптимизация ее изготовления с использованием САПР. Технология предусматривает литье в песчано-глинистые формы.

Отработка технологии литейной формы проводилась в условиях ОАО «Белоозерский энергомеханический завод». Была проанализирована заводская технология получения отливки и выданы рекомендации по изменению размера прибылей. Опытные заливки металла показали, что увеличение размеров прибылей не привело к устранению усадочных раковин в

объеме отливки. С целью оптимизации конструкции ЛПС была создана трехмерная модель отливки и промоделирован процесс заливки и кристаллизации отливки в форме. Результаты компьютерного моделирования показали, что для всех вариантов размеров прибылей возможно образование усадочных раковин в теле отливки. Причиной их образования является перемерзание шейки прибыли, в то время когда в теле отливки и прибыли остаются зоны жидкой фазы. При этом увеличение объема прибыли снижает выход годного литья, а увеличение размера шейки затрудняет обрубку отливок, что сказывается, в конечном счете на их стоимости.

Для повышения коэффициента полезного действия прибыли было решено использовать экзотермические вставки. Для предварительной оценки работы экзотермических вставок был проведен дополнительный расчет кристаллизации отливки с использованием системы ProCAST. На его основании и по результатам экспериментов с различными составами экзотермических смесей были сделаны экзотермические вставки с подобранным оптимальным составом и массой.

На рисунке 1 показана исходная трёхмерная модель отливки с литниково-питающей системой, спроектированная в программе трёхмерного моделирования SolidWorks на основании заводских чертежей.

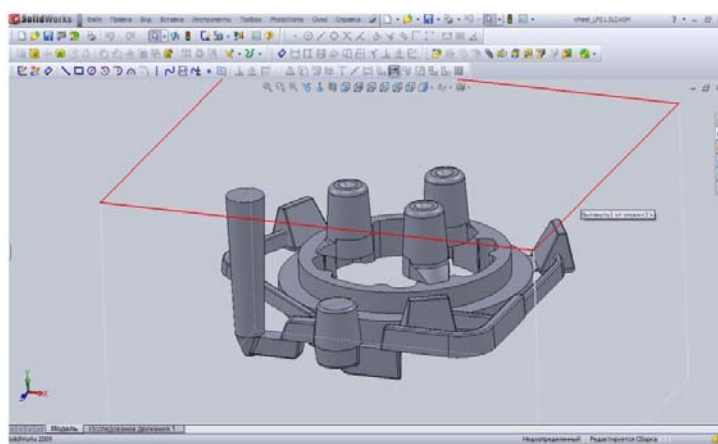


Рисунок 1 – Трёхмерная модель отливки «Колесо»

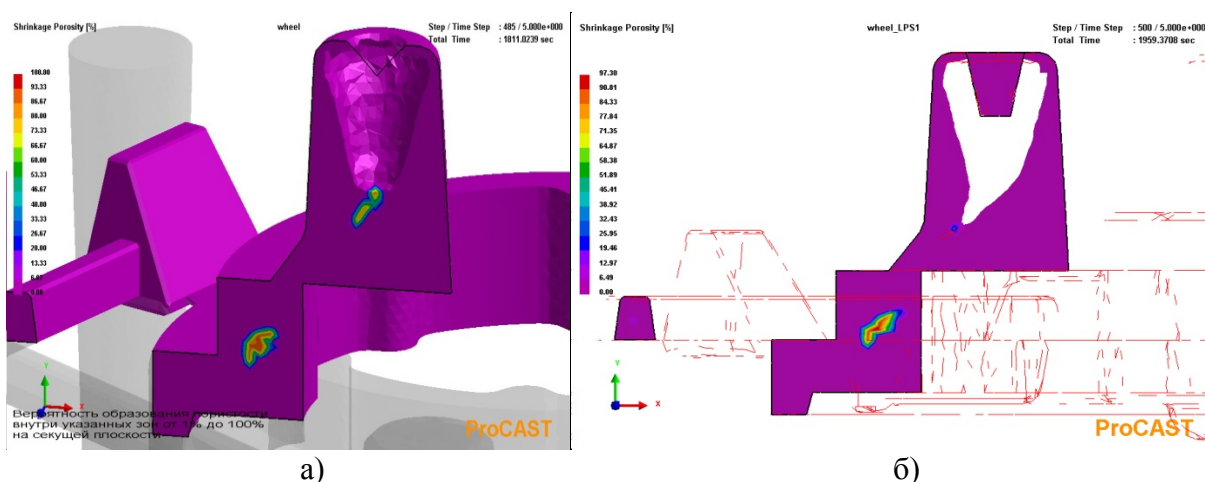


Рисунок 2 – Разрез отливки в районе прибыли:
а – без экзотермической вставки; б – с экзотермической вставкой

Из рисунка 2 по форме усадочных раковин прибылей видно, что прибыль с экзотермической вставкой (б) обеспечивает при одинаковой массе лучшее питание отливки.

Таким образом, по результатам моделирования были проведены опытные плавки с получением более плотных отливок с меньшим количеством усадочных раковин, что позволило повысить их эксплуатационные свойства.

УДК 621.745.669.13

Исследование процесса получения сфероидизирующей «чипс» - лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия

Студенты: гр. 104111 Кулинич И.Л., гр. 10405112 Сидоркин А.С.,
гр. 10405114 Позняк О.А.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в практике производства высокопрочного чугуна используются «легкие» сфероидизирующие модификаторы на основе ферросилиция (ФСМг5-ФСМг9) и «тяжелые» на основе меди либо никеля, которые могут также содержать Ca, Al, Zr, Ba, Sr и Ti. 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 процессы рафинирования, графитизации и легирования обрабатываемого сплава.

Ранее проведенные исследования показали перспективность применения наноразмерных порошков нитрида титана и оксида иттрия в составах быстроохлажденных гранулированных модификаторов-раскислителей на основе алюминия при выплавке углеродистой стали [1] и модификаторов-лигатур на основе олова в виде прутков диаметром 3-5 мм., полученных методом экструзии, для вторичного модифицирования и микролегирования высокопрочного чугуна [2].

Целью настоящей работы являлось исследование особенностей получения и применения «чипс»-лигатуры на основе меди и магния с добавками оксида иттрия.

В качестве исходных материалов использовали порошки чистой меди и магния, а также наноразмерные порошки оксида иттрия. Выполненные исследования показали, что для обеспечения равномерного распределения оксида иттрия в объеме лигатуры требуется перемешивание исходных компонентов в течение не менее 6 часов с последующим брикетированием с усилием до 50 тонн.

Опыты показали, что при внепечной сфероидизирующей обработке высокопрочного чугуна с использованием такой лигатуры эффективность ее растворения жидким расплавом была не достаточно высокой.

Применение высокоскоростного литья для переработки традиционных модификаторов позволяет резко увеличить эффективность усвоения легирующих элементов. Получаемый ленточный модификатор (в виде чипсов) имел малую толщину (менее 3 мм), что обеспечивало быстрое его растворение в объеме жидкого чугуна, создание большого количества центров кристаллизации, способствующих формированию мелкокристаллической структуры при отсутствии пылеобразования. Для повышения эффективности процесса сфероидизирующей обработки расплава, был предложен способ деформации брикетированной лигатуры, направленный на получение пластин толщиной 1,5-2,5 мм. Был использован вариант высокоскоростной ударной деформации брикетов из лигатуры.

В качестве примера на рисунке 1 приведены фотографии исходного брикета лигатуры и «чипс-лигатуры» после обработки.



Рисунок 1 – Исходный брикет лигатуры (а), «чипс»-лигатура (б)

С использованием сканирующего электронного микроскопа VEGA II LMU с микроанализатором INCA ENERGY350 были проведены микроструктурные исследования распределения элементов в образцах «чипс»-лигатуры на основе меди и магния. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Анализ показывает, что микроструктура образца показывает сильную деформацию структурных составляющих. Все структурные составляющие имеют продолговатую форму, и их толщина не превышает 50 мкм. Иттрий достаточно равномерно распределен по площади образца, хотя видно, что его содержание выше в меди.

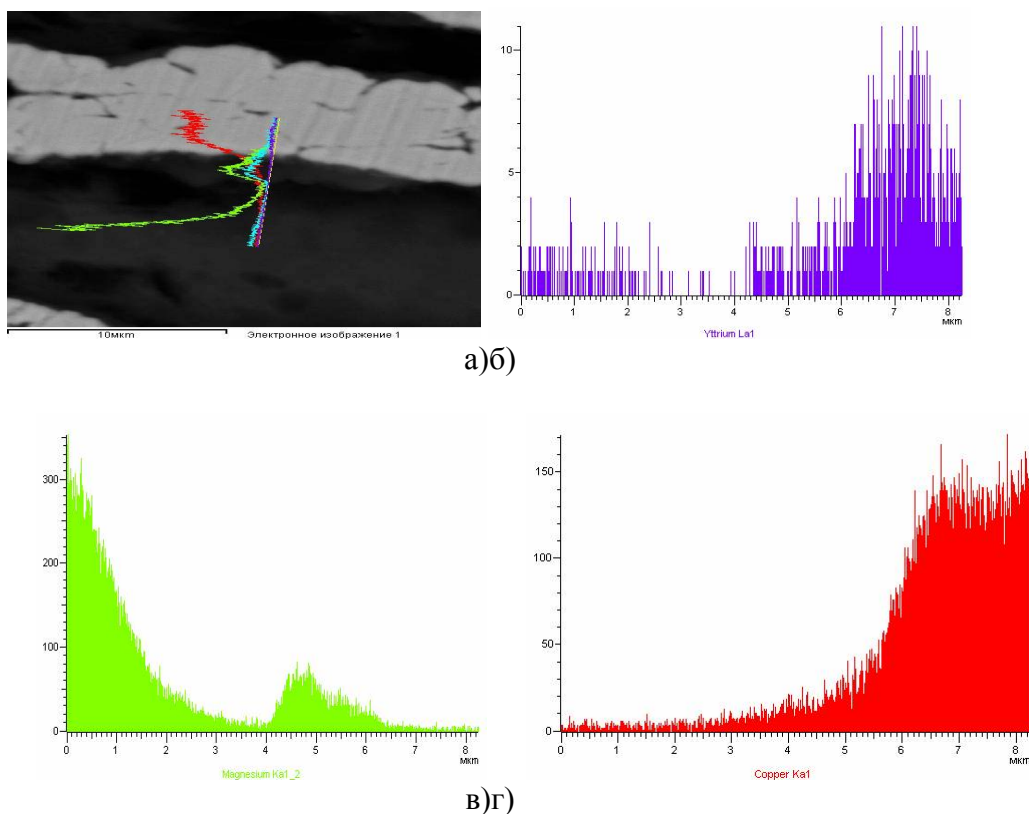


Рисунок 2 – Распределение элементов по линии на границе фаз (магний-медь) (а): б – оксида иттрия; в – магния; г – меди

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

На основании анализа эффективности растворения модифицирующих добавок предложен способ, направленный на уменьшение времени растворения модификатора и измельчения его структурных составляющих, заключающийся в применении высокоскоростной ударной деформации предварительно сформированных брикетов из порошковых компонентов модификатора. Анализ проведенных исследований показал, что структурные составляющие подверглись значительной деформации и приобрели вытянутую форму. При этом толщина фазовых составляющих не превышала 50 мкм. Несомненно, изменение размера структурных составляющих и уменьшение толщины брикетов до величины порядка 1,5 мм должно способствовать более быстрому растворению модифицирующих добавок, благодаря чему должна повыситься эффективность процесса модифицирования.

Список использованных источников

1. Слуцкий, А.Г. Быстроохлажденный комплексный модификатор-раскислитель для внепечной обработки литейной стали / А.Г. Слуцкий, А.С. Калиниченко, В.А. Шейнерт, Г.А. Ткаченко // *Литье и металлургия*. – 2010. – №2. – С. 115 – 118.

2. Кулинич, И.Л. Исследование процесса получения лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия / Амер Мохамед Мефтах, И.Л. Кулинич, А.Н. Бичан // *Новые материалы и технологии их обработки: материалы XVI Респ. студ. научн.-техн. конф., Минск, 22–24 апреля 2015 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : редкол.: И.А Иванов [и др.]. – Минск, 2015. – С. 20 – 22.*

3. Шейнерт, В.А. Перспективы использования наноразмерных порошков для получения модифицирующих лигатур / В.А. Шейнерт, В.А. Бородуля, О.С. Рабинович, Н.В. Зык // *Литье и металлургия*. – 2015. – №1. – С.115 – 118.

4. Калиниченко, А.С. «Чипс-процесс» модифицирования чугуна / А.С. Калиниченко, В.А. Шейнерт, С.Н. Леках, Д.Н. Худокормов // *Литейное производство*. – 1991. – №2. – С. 5 – 6.

УДК 621.74.047

Выбор материала и конструктивного исполнения кристаллизатора для получения заготовок из чугуна на установке полунепрерывного литья

Студенты: гр. 104111 Ковалев А.А., гр. 10405113 Пронькина А.Ю.

Научный руководитель – Довнар Г.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В настоящее время заготовки ответственного назначения изготавливают литьем в песчано-глинистые формы, кокильным и центробежным способами литья. Ввиду несовершенства традиционных способов литья, постоянного повышения требований к качеству отливок, экономии топливных и энергетических ресурсов существует необходимость в разработке новых высокопроизводительных способов литья. Наиболее перспективным направлением, обеспечивающим решение поставленных задач, является разработка, исследование и внедрение непрерывных способов литья. Кристаллизатор является основным технологическим узлом установки непрерывного литья, в котором начинается формирование отливки, поэтому конструкция его в значительной мере определяет устойчивость процесса формирования изделия, его качество и технико-экономическую эффективность применения нового технологического процесса. Кристаллизатор предназначен для получения наружной поверхности отливки и является теплообменным аппаратом для отвода теплоты кристаллизации затвердевающего металла. Комплекс требований, которым должен удовлетворять кристаллизатор, сводится к выполнению следующих условий:

- обеспечение интенсивного отвода тепла с поверхности отливки, чтобы на выходе из кристаллизатора толщина и прочность затвердевшей корочки были достаточны для удержания еще не затвердевшего металла сердцевины;
- обеспечение постоянства размеров и формы его рабочей полости, чтобы отливка удовлетворяла предъявленным к ней требованиям;
- отсутствие неровностей на его рабочей поверхности и зазора в соединениях;
- минимальное трение при скольжении формирующейся корки относительно стенок кристаллизатора, так как прочность металлов вблизи температур кристаллизации невелика и имеется опасность обрыва вытягиваемой заготовки;
- герметичность для обеспечения безопасной работы персонала;
- минимальная смачиваемость жидкими металлами.

Общепризнано, что лучшим материалом, удовлетворяющим требованиям непрерывной разливки чугуна, является чистая медь, причем, чем чище мель, тем выше ее теплопроводность, но в то же время ниже твердость. Так же в качестве материалов для кристаллизаторов при непрерывном литье чугуна широко используются различные марки графита, так как графит обладает высокой теплопроводностью, термостойкостью и низкой реакционной способностью по отношению к чугунам. Широкое использование графита на установках непрерывного литья сдерживается его высокой стоимостью и повышенным износом. Существует большое число самых разных кристаллизаторов, используемых в черной и цветной металлургии. Их классификация во многом связана с формой готовых слитков, характером взаимодействия и взаимного перемещения слитка и кристаллизатора, а также от способа охлаждения кристаллизатора.

Основными показателями работы кристаллизатора являются: а) величина теплосъема, т.е. количество тепла, которое стенки кристаллизатора могут отвести от формирующегося слитка, и связанная с этим процессом толщина затвердевшей корочки на выходе слитка из кристаллизатора при установившейся скорости вытягивания; б) качество поверхности непрерывного слитка, определяемое процентом брака по наружным дефектам и количеством «зависаний» в течение разливки; в) стойкость кристаллизатора, измеряемая количеством плавок до окончательного выхода его из строя.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике применяются кристаллизаторы трех типов:

- 1) составные, с тонкими рабочими стенками;
- 2) составные, с толстыми рабочими стенками;
- 3) цельные, выполненные из медного блока или цельнотянутых медных труб.

В настоящее время исследованы и работают кристаллизаторы с различными параметрами и геометрией рифлей. Лучшие результаты при разливке получены на ребристых кристаллизаторах.

В теплообменных аппаратах, частным случаем которых является кристаллизатор установки непрерывного литья, температурное поле определяется переносом тепла. Рассматривая теплообмен между отливкой и кристаллизатором, можно прийти к выводу, что температурное поле стенки последнего определяется выделением тепла отливкой и отводом этого тепла от стенки кристаллизатора с охлаждающей водой.

На основе исследований и анализа патентно-информационных материалов представляется возможным описать механизм износа графитового вкладыша кристаллизатора и наметить пути увеличения его долговечности.

Возможные направления увеличения стойкости графитового вкладыша кристаллизатора:

- использование графита повышенной плотности, уменьшение шага и увеличение частоты шаговых протяжек, снабжение металлоприемника «плавающим» опорным роликом, включающим провисание профиля после извлечения его из кристаллизатора;
- изменение рабочей полости вкладыша с учетом различного его термического расширения по длине;

- изменение хвостовика вкладыша с целью исключения образования на его торце настылей чугуна;
- выполнение проточек на рабочей поверхности вкладыша в местах охлаждения угловых поверхностях затвердевшего чугуночного профиля;
- использования для литья чугуна, который при затвердевании не образует на поверхности профиля отбел;
- создание условий интенсивного охлаждения верхних поверхностей отливаемого профиля за счет изменения толщины стенки вкладыша водоохлаждаемой рубашки кристаллизатора.

Кроме этих требований, кристаллизатор должен иметь высокую стойкость, высокую производительность. Конструкция его должна обеспечить автоматизацию контроля формирования заготовок и ремонт. Под стойкостью кристаллизатора понимают способность его работать в течение определенного времени с сохранением такого состояния, при котором обеспечивается удовлетворительное качество поверхности отливаемой трубы в условиях безопасной работы. Экономическая эффективность применения различных конструкций кристаллизаторов должна оцениваться по относительной стоимости изготовления и ремонта кристаллизатора, приходящейся на 1 т выпускаемой продукции, или, если учесть специфику работы кристаллизаторов и трудность сопоставления, по объему выпускаемой продукции (при различном ее сортаменте по размерам).

В практике непрерывной разливки наибольшее распространение получили металлические водоохлаждаемые кристаллизаторы, основной частью которых являются рабочие стенки, отводящие тепло от затвердевающего изделия. Рабочие стенки крепятся различными способами в корпусе, который представляет собой достаточно жесткую металлоконструкцию, воспринимающую основные механические нагрузки. Для прохода охлаждающей воды на рабочих стенках или в корпусе фрезеруются каналы. Существует большое число самых разных кристаллизаторов, используемых в черной и цветной металлургии. Их классификация во многом связана с формой готовых слитков, характером взаимодействия и взаимного перемещения слитка и кристаллизатора, а также от способа охлаждения кристаллизатора.

УДК 669.046

Восстановление железа и хрома из оксидов углеродом

Магистрант Лукашенко К.А.,
студенты гр. 10405112 Прокопчук Д.А., Матюшенко С.А.
Научный руководитель – Довнар Г.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Переработка отходов металлообработки – для повторного их вовлечения в металлургический передел – актуальная тема современности, несмотря на то, что ей уделяют внимание уже несколько десятилетий.

Говоря о стружке, первое, на что следует обратить внимание – это не только развитая поверхность, подвергаемая окислению с момента образования, но и ее незначительная толщина, что может приводить к полному окислению стружки. Рост температуры в плавильных агрегатах (особенно в интервале 600 – 7000 °С) приводит к резкому увеличению процесса окислению поверхности, тем самым увеличивая и без того не малый угар и безвозвратные потери металла.

Исходя из этого, стружка должна рассматриваться не как микро кусок, а скорее как железорудный материал, требующий технологии передела учитывающих особенности восстановительных процессов железа из оксидов, только в этом случае можно добиться высоких результатов.

Процессы взаимодействия оксидов железа и хрома с углеродом лежат в основе производства чугуна и феррохрома. Поэтому исследование реакций восстановления этих металлов имеет важное значение. Знание реакций, их последовательность протекания в конкретных условиях, а также взаимное влияние на скорость каждой из них, позволит оптимизировать процесс восстановления и разработать новые технологические процессы выплавки ферросплавов.

Положение о ведущей роли газовой фазы в процессах восстановления металлов углеродом, является основополагающим, оно достаточно аргументировано и не вызывает сомнений. Менее изучены вопросы, касающиеся первой стадии процесса и скорости реакций взаимодействия между твердыми телами.

Согласно двухстадийной схеме восстановления активным восстановителем является оксид углерода, а продуктом реакции – CO_2 . Роль углерода при этом сводится к непрерывной регенерации CO по реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. Однако оксид углерода – слабый восстановитель металлов из оксидов даже «средней» термодинамической устойчивости (FeO , NiO , CoO). Изменение энергии Гиббса $\Delta G_T = -17514 + 21,74 T$ для реакции:



Из реакции 1 следует, что при температуре более 544°C энергии Гиббса имеет положительное значение. Следовательно, восстановление Fe из FeO и тем более хрома из Cr_2O_3 оксидом углерода без твердого не благоприятно. Наряду с этим для реакций оксидов металлов с оксидом углерода существуют кинетические затруднения. Например, на поверхности оксидов карбидообразующих металлов оксид углерода может адсорбироваться в диссоциативной форме с образованием поверхностных комплексов типа MeC и MeO . При этом атомы C и O остаются поблизости друг от друга и способны снова соединяться, образуя CO . В связи с этим реакции FeO и Cr_2O_3 с оксидом углерода едва ли могут обеспечить высокие скорости восстановительных процессов.

В процессах высокотемпературного восстановления металлов углеродом важное место занимают реакции с участием жидких фаз. В частности, исследование восстановления железа из оксидного расплава графитом с использованием рентгеновского дефектоскопа показало, что вокруг графита создается сплошная газовая прослойка. Шлак контактирует только с частицами металла, образующимися на графите. Высокая скорость растворения углерода в жидком железе создает необходимые предпосылки для протекания реакции:



Высокая скорость восстановления железа чугуном из оксидного расплава связана, очевидно, с поверхностными явлениями на границе раздела фаз. При взаимодействии твердого FeO с чугуном, насыщенным углеродом, при температурах $1260 - 1320^\circ\text{C}$ реализуется диффузионный режим, и кинетика реакции определяется доставкой углерода чугуна к поверхности FeO . При этом скорость восстановления железа углеродом чугуна на два порядка выше, чем графитом.

Известно, что скорость взаимодействия углерода с CO_2 в интервале температур $827 - 3227^\circ\text{C}$, определяется скоростью реакции с атомарным кислородом, который образуется в результате химической диссоциации CO_2 .

В газовой фазе над Cr_2O_3 при 1500°C содержание атомарного и молекулярного кислорода 22,5 и 19,8% соответственно. Масс-спектрическим методом установлено наличие газообразных соединений CrO и CrO_2 . Необходимо отметить, что малая величина давления O и O_2 в нейтральных условиях не может быть достаточно серьезным аргументом для отрицания возможности диссоциации Cr_2O_3 в восстановительной среде. В присутствии углерода условия диссоциации Cr_2O_3 существенно меняются. Образующийся в результате диссоциации

атомарный кислород обладает высокой химической активностью и как следствие более высокой скоростью реакции с углеродом, нежели углерода с O_2 и CO_2 .

При температурах 927 – 1723 °С взаимодействие графита с атомарным кислородом происходит в 5 – 80 раз быстрее, чем с молекулярным. Вероятность окисления, выраженная отношением числа удалившихся с поверхности графита молекул CO к числу соударений атомов кислорода с его поверхностью, оказалась близкой к единице. Поскольку диффузия окислителя к поверхности углерода, при повышении температуры, не лимитирует процесс, у поверхности оксида создается практически безкислородная зона.

Наличие контактной поверхности между оксидом и углеродом облегчает переход тепла, выделяющегося в результате экзотермического окисления, от поверхности к поверхности оксида, что будет способствовать эндотермической диссоциации оксида.

Измельчение оксидов хрома и железа увеличивает скорость восстановления больше, чем при измельчении восстановителя. Восстановления хрома в смеси $Cr_2O_3 - C - Fe$ наблюдается уже при 1100 °С, тогда как без железа хром при указанной температуре не восстанавливается. Было замечено, что при бесконтактном расположении Cr_2O_3 и C , восстановление хрома при 1550 °С в атмосфере CO протекало с заметной, но весьма низкой скоростью, существенно зависящей от расстояния между реагентами.

В восстановительной среде, при достаточно высокой температуре, вблизи поверхности углеродистого восстановителя, наряду с оксидом углерода, может находиться ряд неустойчивых субоксидов C_2O , C_3O_2 и др. Эти короткоживущие соединения в присутствии твердых оксидов или металлов, играющих роль катализаторов, разлагаются на их поверхности с выделением атомарного углерода. Косвенным доказательством существования неустойчивых газообразных соединений можно считать результаты восстановления хрома углеродом в атмосфере аргона. Об этом свидетельствуют и масс-спектрометрические исследования.

Атомарный углерод, обладающий более высокой реакционной способностью в сравнении с применяемыми на практике углеродистыми восстановителями, является эффективным восстановителем хрома. Восстановление хрома, возможно, также и газообразным субоксидом углерода, который в сравнении с оксидом углерода обладает более высоким восстановительным потенциалом, что подтверждается изменением энергии Гиббса газофазного восстановления хрома углеродом.

УДК 621.74

Исходные компоненты для изготовления катодов-мишеней из сплавов металл-кремний металлотермическим восстановлением

Магистрант Ковалевич Э.В., студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Изготовление катодов из сплавов металл-неметалл с заданным содержанием неметалла, может осуществляться различными способами, одним из которых является металлотермическое восстановление из компонентов [1]. Перспективным представляется метод металлотермического восстановления компонентов, который может обеспечить в получаемом катоде высокую плотность, химическую и структурную однородность, низкое содержание примесей благодаря явлению самоочистки в волне горения, достижение требуемых механических, тепло- и электрофизических свойств, необходимых для обеспечения качества наносимых покрытий. При этом существенно снижаются материальные и энергетические затраты.

При использовании такого метода плавки в исходных смесях тепла химической реакции может быть недостаточно для протекания восстановительного процесса в режиме стационарного горения. С этой целью проведены термодинамические расчеты процесса метал-

лотермического восстановления некоторых металлов и кремния, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Термодинамические расчеты реакций металлотермического восстановления

Реакция восстановления	ΔH , Дж/моль	ΔG , Дж/моль	Термичность q , Дж/г
$TiO_2 + 4/3 Al = Ti + 2/3 Al_2O_3$	- 172830	- 107142	1494
$TiO_2 + 2 Mg = Ti + 2 MgO$	- 257980	- 175433	2481
$CuO + Mg = Cu + MgO$	- 439130	- 710599	4232
$CuO + 2/3Al = 1/3 Al_2O_3 + Cu$	- 396823	- 374023	4069
$SiO_2 + 2 Mg = Si + 2 MgO$	- 256000	- 561645	2640
$SiO_2 + 4/3 Al = Si + 2/3 Al_2O_3$	- 206267	- 142267	2148

Анализ полученных результатов показал, что процесс восстановления рассмотренных металлов возможен за счет алюминия и магния, что подтверждают отрицательные значения энергии Гиббса. Важным показателем, обеспечивающим успешное протекание восстановительного процесса является термичность смеси. По правилу, сформулированным Жемчужным, для успешного протекания процесса приход тепла на единицу смеси должен быть не ниже значения равным 2300 Дж/г. Расчеты показали, что для восстановления меди магнием и алюминием, а также кремния с магнием значение термичности более высокие, а для восстановления титана магнием и алюминием и кремния алюминием термичность ниже значений 2300 Дж/г. Что требует предварительно подогрева смеси.

Поэтому при получении силицидов данных металлов потребуются разработка дополнительных мероприятий, позволяющих инициировать восстановительную плавку, обеспечивающую стабильность процесса и получение качественной отливки катодов.

В лабораторных условиях по разработанной методике [3], проведены предварительные эксперименты высокотемпературного синтеза некоторых силицидов. Были выполнены расчеты термичности смесей результаты, которых представлены на рисунке 1.

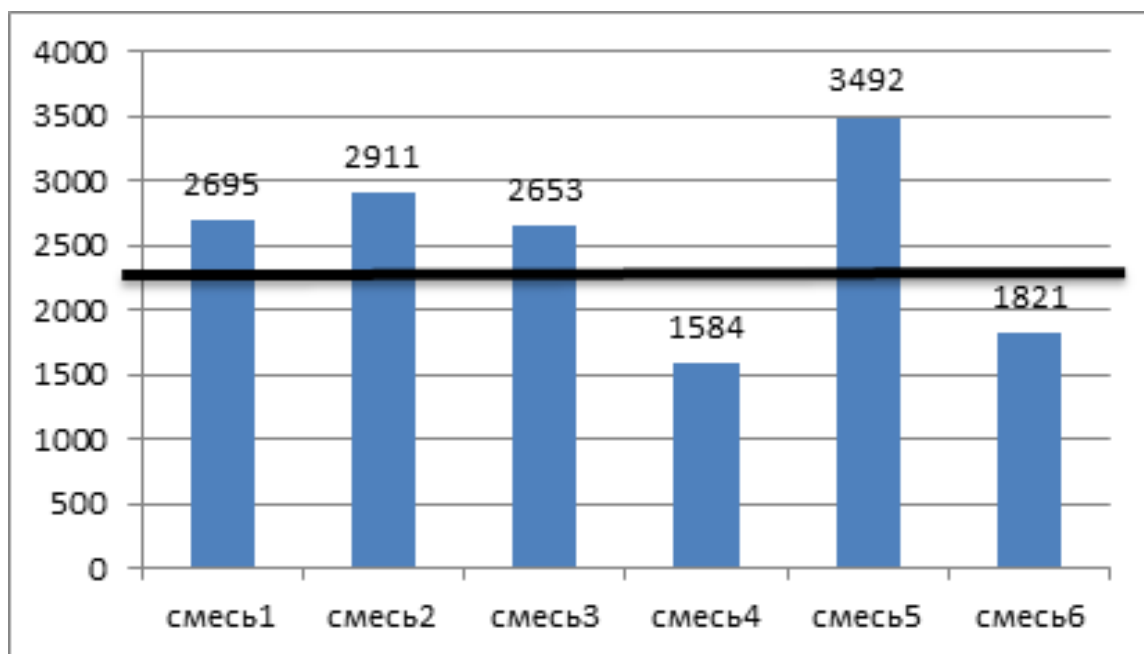


Рисунок 1 – Термичность восстановительных смесей

Установлено, что для смесей на основе оксидов кремния и титана и восстановителя алюминия требуется подогрев. Обобщенные результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментов

№ смеси	Состав восстановительной смеси				Температура подогрева, °С	Характер Реакции	Результаты
	CuO, %	SiO ₂ , %	TiO ₂ , %	Al, г			
1	43	14	43	12,5	без подогрева	Активный	получен слиток
2	50	20	30	12,5	без подогрева	очень активный	получен слиток
3	40	20	40	13,4	без подогрева	Активный	получен некомпактный слиток
4	–	14	86	16,5	500	Активный	слиток не получен
5	70	30	–	19,9	без подогрева	Активный	получен слиток
6	1–	50	50	20,5	500	Неактивный	не вся смесь прореагировала

В качестве примера на рисунке 2 представлены фотографии полученных силицидов.



а)б)в)

Рисунок 2 – Результаты восстановительной плавки силицидов:
а – на основе титана и меди; б – на основе титана; в – на основе меди

Таким образом, на основе термодинамических расчетов и предварительных экспериментов подтверждена реальная возможность получения силицидов различных металлов с использованием металлотермической восстановительной плавки. В качестве исходных компонентов выбирали титан, медь, кремний, алюминий.

Список использованных источников

1. Дубровин, А.С. Металлотермия специальных сплавов / А.С. Дубровин. – Челябинск: Изд-во ЮУр ГУ, 2002. – 254 с.
2. Герасимов, Я.И. Химическая термодинамика в цветной металлургии / Я.И. Герасимов, А.Н. Крестовников, С.И. Горбов. – М.: Металлургия, 1973. – 443 с.
3. Слуцкий, А.Г. Исследование процесса получения молибденсодержащей лигатуры методом внепечной металлургии / А.Г. Слуцкий, А.С. Калинин, Шейнерт В.А. // Наука и техника. – 2012. – № 4. – С. 13 – 17.

Утеплительные экзотермические смеси

Студенты: гр.104111 Самута С.В., гр. 10405112 Прахт А.А., Чертобой В.В.
Научный руководитель – Барановский К.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время на предприятиях России и Республики Беларусь, для производства крупных отливок широко применяются открытые прибыли. На современных предприятиях прослеживается тенденция на переход от закрытых прибылей на открытые прибыли и отказ от экзотермических вставок в пользу утеплительных покровных смесей, отличающихся большей стабильностью результата и простотой применения.

Для замедления остывания прибыльных частей применяются засыпки из следующих материалов: кварцевого песка, шамотной крошки, диатомита, защищающие зеркало металла от тепловых потерь. Лучший утеплительный эффект получают при использовании материалов с большей пористостью и низкой теплопроводностью: вспученного перлита, керамзита, вспученного вермикулита теплоизоляционных органических смесей (рисовая шелуха и т.п.). Все выше перечисленные материалы имеют существенные недостатки: спекаемость материалов (кроме органических смесей), затраты тепла на нагрев самого материала, не большое выделение тепла при горении. Этим недостаткам лишены экзотермические покровные смеси. Источником тепла в этих смесях служит реакция окисления алюминия.

Экзотермическая смесь начинает работать при контакте с жидким металлом в прибыли. Действие экзотермических смесей (подогрев металла в прибыли, увеличение времени воздействия атмосферного давления на жидкий металл, резкое снижения теплопотерь) способствует повышению эффективности работы прибыли и уменьшению усадочных раковин и пористости, гарантирует стабильное качество литья.

В Республике Беларусь разработана, изготовлена и прошла промышленное опробование утеплительная экзотермическая покровная смесь, состоящая, в основном, из местных компонентов, в том числе вторичных материалов и отходов производства. Экзотермическая смесь была опробована на ОАО «Белозерский энергомеханический завод» (рисунок 1).

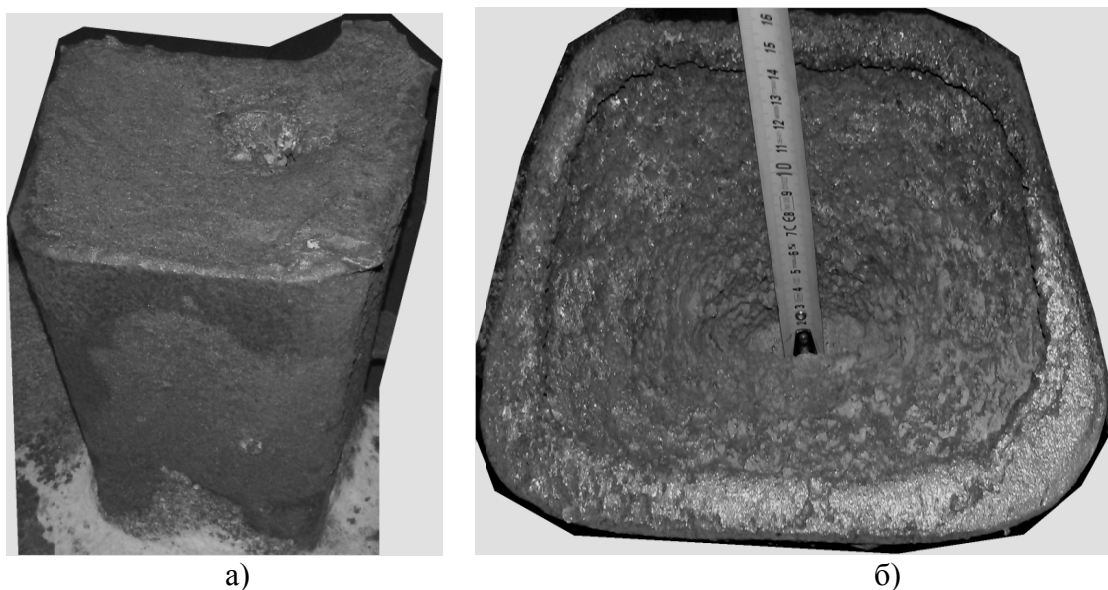


Рисунок 1 – Открытые прибыли отливок:
а – засыпка, применяемая на заводе; б – покровная экзотермическая смесь

Экзотермическая смесь состоит из: окисляемых компонентов, окислителей и термостойких наполнителей. Смесь предназначена для чугунов и сталей. После засыпки в прибыль на жидкий металл смесь медленно разгорается и увеличивается в размерах, на поверхность выносится легкая низкотеплопроводная часть, в глубине смеси продолжается горение и нагрев термостойкого наполнителя, удерживающего тепло в течение 10 – 25 минут в зависимости от размера прибыли и температуры сплава. Как видно из рисунка 1 покровная экзотермическая смесь значительно повышает эффективность прибыли.

Данная смесь может быть использована литейными предприятиями для утепления открытых прибылей, ковшей. Экзотермическая утеплительная смесь позволяет не только повысить качество литья, но и уменьшить металлоемкость прибылей на 20 – 30% за счет увеличения их эффективности.

УДК 621.762

Изготовление катодов-мишеней из силицидов тугоплавких металлов методом внепечной металлургии

Магистрант Ковалевич Э.В.

Научный руководитель – Иванов И.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Нанесение покрытий на поверхность изделий металлургического производства позволяет повысить их эксплуатационные характеристики за счет оптимального сочетания свойств основного материала и специальных характеристик поверхностных слоев готового изделия. Наиболее известными и широко применяемыми являются покрытия на основе титана с кремнием [1]. Среди методов, позволяющих эффективно формировать защитные покрытия и упрочняющие поверхностные слои, значительное место занимают методы вакуумно-плазменной обработки и нанесения покрытий, доля которых, среди технологий постоянно растет [2].

Получение вакуумно-плазменных покрытий состоящих из силицидов тугоплавких металлов или их смеси с нитридами кремния и металла требует использования в качестве расходных катодов-мишеней сплавов металл-кремний. Изготовление катодов из сплавов металл-неметалл с большим содержанием неметалла достаточно подробно описано в литературе [2, 3]. Однако для расширения области внедрения вакуумно-плазменных методов нанесения кремнийсодержащих покрытий в производстве необходима отработка технологии изготовления катодов-мишеней с содержанием кремния в пределах 5...20%.

Целью данной работы является анализ процесса получения кремнийсодержащих сплавов для изготовления катодов-мишеней методами металлотермического восстановления.

Металлотермическое восстановление компонентов относится к наиболее перспективному методу. Метод металлотермического восстановления компонентов может обеспечить в получаемом катоде высокую плотность, химическую и структурную однородность, характерным для таких процессов является восстановление металлов и неметаллов из их оксидов, хлоридов, сульфидов более активными элементами [4].

В металлотермии в качестве восстановителей обычно используют два элемента алюминий и кремний. Применение алюминия в качестве восстановителя позволяет осуществлять процесс в большинстве случаев без внешнего подогрева. При использовании Si выделяемого тепла обычно недостаточно для внепечного осуществления процесса, и плавку ведут в электрической печи. Наряду с этими элементами можно использовать магний.

Реакции протекают с образованием металлической и шлаковой фаз и, как правило, с образованием значительного количества тепла. Основное значение металлотермии состоит в получении безуглеродистых металлов и сплавов. В случае присутствия в шихте двух или не-

скольких окислов удельное количество тепла для смеси находится на основании величин для отдельных окислов. При этом соответственно должны быть учтены весовые соотношения окислов.

Реакция металлотермического восстановления: $\text{MX} + \text{M}' \rightleftharpoons \text{M} + \text{M}'\text{X}$ протекает слева направо при условии более высокого сродства металла-восстановителя (M') к компоненту X, чем у восстанавливаемого металла (M). Энергия Гиббса металлотермического процесса отрицательна. В качестве восстановителей могут использоваться лишь металлы, образующие термически стойкие соединения с кислородом, хлором, фтором.

Результаты проведенных термодинамических расчетов процесса металлотермического восстановления некоторых металлов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Термодинамические расчеты реакций металлотермического восстановления

Реакция восстановления	ΔH , Дж/моль	ΔG , Дж/моль	Термичность q , Дж/г
$\text{TiO}_2 + 4/3 \text{Al} = 2/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ti}$	-173367	-126167	1492
$1/2 \text{TiO}_2 + 1/2 \text{Si} = 1/2 \text{SiO}_2 + 1/2 \text{Ti}$	16475	24875	не идет
$1/2 \text{TiO}_2 + 1/2 \text{Mg} = \text{MgO} + 1/2 \text{Ti}$	-129850	-98450	2019
$\text{SiO}_2 + 4/3 \text{Al} = 2/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}$	-206267	-142267	2148
$1/2 \text{SiO}_2 + \text{Mg} = \text{MgO} + \text{Si}$	-146325	-106525	2695
$1/3 \text{MoO}_3 + 2/3 \text{Al} = 1/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + 1/3 \text{Mo}$	-310267	-273467	4701
$2/3 \text{MoO}_3 + \text{Si} = \text{SiO}_2 + 2/3 \text{Mo}$	-414217	-404617	3341
$1/3 \text{MoO}_3 + \text{Mg} = \text{MgO} + 1/3 \text{Mo}$	-353433	-309033	4888
$\text{CuO} + 2/3 \text{Al} = 1/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cu}$	-396823	-374023	4069
$\text{CuO} + 1/2 \text{Si} = 1/2 \text{SiO}_2 + \text{Cu}$	-293665	-302765	3141
$\text{CuO} + \text{Mg} = \text{MgO} + \text{Cu}$	-439990	-409390	4239
$2 \text{NiO} + 4/3 \text{Al} = 2/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Ni}$	-638067	-597867	3442
$\text{NiO} + 1/2 \text{Si} = 1/2 \text{SiO}_2 + \text{Ni}$	-215875	-203975	2434
$\text{NiO} + \text{Mg} = \text{MgO} + \text{Ni}$	-362200	-334400	3659
$\text{MnO} + 2/3 \text{Al} = 1/3 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mn}$	-173583	-110583	1950
$\text{MnO} + 1/2 \text{Si} = 1/2 \text{SiO}_2 + \text{Mn}$	-70425	-39325	829
$\text{MnO} + \text{Mg} = \text{MgO} + \text{Mn}$	-216750	-145950	2274

Анализ полученных результатов показал, что процесс восстановления рассмотренных металлов возможен за счет алюминия, кремния и магния. Титан можно восстановить из соединения только за счет алюминия и магния. Кремний восстанавливается как алюминием, так и магнием.

Важным показателем такого процесса является термичность восстановительной смеси. Расчеты показали, что высокой термичностью обладают смеси на основе оксида молибдена, меди, никеля с алюминием, магнием и кремнием, а также оксида кремния с магнием. Для таких смесей не требуется предварительный подогрев с целью иницирования восстановительной реакции. Для остальных смесей из-за низкой термичности требуется предварительный подогрев. Поэтому при получении силицидов данных металлов потребуются разработка дополнительных мероприятий, позволяющих иницировать восстановительную плавку, обеспечивающую стабильность процесса и получение качественной отливки катодов.

Таким образом, проведенный анализ показал, что получение кремнийсодержащих сплавов методом металлотермического восстановления является перспективным для изготовления катодов-мишеней.

Список литературных источников

1. Перспективы применения вакуумно-плазменных технологий в машиностроении и инструментальном производстве / И.П. Филонов [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1999. – № 1. – С. 32 – 40.

2. Мрочек, Ж.А. Плазменновакуумные покрытия: Монография / Ж.А. Мрочек [и др.]. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 369 с.
3. Иванов, И.А. Влияние геометрических размеров катода вакуумного электродугового испарителя плазмы на величину допустимого тока дугового разряда / И.А. Иванов // Наука и техника. – 2015. – №3. – С. 25 – 29.
4. Дубровин, А.С. Металлотермия специальных сплавов / А.С. Дубровин. – Челябинск: Изд-во ЮУр ГУ, 2002. – 254 с.

УДК 621.74.043.2

Разделительные покрытия пресс-форм литья под давлением

Студент гр.104111 Волосевич Я.В.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Отливки, изготавливаемые методом литья под давлением (ЛПД), имеют сложную конфигурацию и, как правило, содержат всевозможные внутренние полости и отверстия, которые выполняют с помощью металлических стержней. В момент извлечения отливки из пресс-формы в зоне контакта стержня и отливки возникают силы трения, обусловленные обжатием стержня затвердевающей отливкой, которые приводят к образованию задиоров на поверхности отливки. Для предотвращения образования задиоров на теле отливки необходимым условием является использование разделительных покрытий (смазок), позволяющих беспрепятственно извлекать отливки из пресс-формы.

Удовлетворительная работа разделительных покрытий для литья под давлением зависит от выбора компонентов, используемых для их приготовления.

При разработке состава разделительного покрытия следует также обращать внимание на экологическую безопасность компонентов входящих в его состав. Корректно подобранные компоненты позволяют снизить количество вредных выбросов выделяющихся при деструкции покрытий и тем самым способствуют улучшению санитарно-гигиенических условий на рабочем месте заливщика.

Современные отечественные разделительные покрытия для пресс-форм при литье под давлением чаще всего представляют собой водные эмульсии термостойких масел или воска и не в полной мере отвечают предъявляемым к ним требованиям по термической устойчивости, качеству поверхности отливок. В настоящее время, в большинстве случаев, в качестве основы смазок выступают кремнийорганические материалы (полиметилсилоксановые жидкости с вязкостью от 100 до 1000 сСт.

Взятая за основу полиметилсилоксановая жидкость марки ПМС300 обладает высокой термостойкостью и экологически безопасна. При этом она имеет существенный недостаток – сравнительно высокую гидрофобность, так как полярная полиметилсилоксановая цепь экранирована неполярными метильными группами. Это сильно затрудняет получение эмульсии типа масло в воде (М/В) при использовании традиционных ПАВ.

При разработке состава разделительного покрытия было опробовано свыше десяти всевозможных ПАВ, используемых в различных отраслях народного хозяйства. Из их числа был выбран неионогенный ПАВ – оксиэтилированный моноалкилфенол на основе триммеров изононила (неонол) марки АФ 9–12 (ТУ2483–077–05766801–98).

Высокочастотное перемешивание исследуемых составов осуществляли с использованием специально изготовленного лопастного смесителя, позволяющего изменять частоту вращения лопатки от 900 до 12 000 мин⁻¹.

Изменяя температуру и продолжительность перемешивания, а также частоту вращения лопаток подбирали оптимальные параметры приготовления эмульсии по седиментационной

устойчивости. Наиболее приемлемые результаты получены при следующих условиях: температура подогрева исходных компонентов – 90 °С, частота вращения лопостей – от 6000 до 9000 мин⁻¹, продолжительность перемешивания – 5 минут.

УДК 621.74

Моделирование литейных процессов и сквозное проектирование технологии изготовления литых изделий

Магистрант Киселев Р.В.

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Научный консультант – Лущик П.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Важнейшей задачей литейного производства является рациональное использование материальных ресурсов, используемых для получения литых заготовок и изделий из сплавов черных и цветных металлов. Развитие вычислительной техники привело к широкому использованию систем автоматизированного проектирования (САПР) для решения прикладных задач литейного производства [1]. Это связано с тем, что такие системы позволяют существенно снизить затраты и уменьшить время отладки технологических процессов, снизить долю брака выпускаемой продукции. Для решения задач автоматизации технологической диагностики, контроля и управления процессами подготовки, проектирования и производства все большее применение при производстве конкурентоспособной продукции получают системы компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП).

На предприятиях литейного производства традиционно полагаются на практический опыт квалифицированных технологов, которые добиваются положительных результатов при отработке сложных технологий методом проб и ошибок. Использование главным образом эмпирических приемов при решении технологических проблем сопровождается значительными затратами времени и материальных ресурсов. Для получения бездефектных отливок интуитивно приходится учитывать роль многих факторов в литейных процессах, например, марку сплава, геометрию отливки и её расположение в форме, параметры литниковой системы, температуру расплава и скорость заполнения расплавом формы, материал формы и ее предварительный прогрев.

В последние десятилетия развитие компьютерной техники привело к появлению большого числа прикладных программ, посредством которых в большинстве случаев успешно решаются задачи по быстрой и качественной разработке технологии изготовления весьма сложных отливок. В настоящее время технологи-литейщики, пользователи САПР и СКМ ЛП уверенно говорят о реальной экономии времени и материальных ресурсов на этапе подготовки производства.

Современное проектирование литейной технологии осуществляется с помощью САД-подсистем САПР и включает в себя построение трехмерных (3D) геометрических моделей детали, отливки с литниковой системой, а также литейной оснастки и изготовление по ним чертежной документации. Результаты проектирования могут использоваться для изготовления элементов литейной оснастки на станках с ЧПУ, что позволяет значительно повысить качество проектирования и снизить сроки изготовления оснастки. Проектирование в трехмерной среде позволяет избавиться от многих ошибок, возникающих в процессе проектирования, при этом геометрия оснастки, полученная на станке с ЧПУ, полностью соответствует трехмерной модели оснастки.

Но для отработки литейной технологии на стадии проектирования без дорогостоящих производственных экспериментов, для оптимизации уже имеющейся технологии (конфигурации литниковой системы, прибылей, температуры и режима заливки и т.д.) требуется ис-

пользование систем инженерных расчетов – CAE-подсистем САПР [2]. Специалистам хорошо известны зарубежные программы ProCAST и MAGMASOFT, SolidCast, CastCAE, WinCast. Две разработки – «Полигон» и LVMFlow – имеют российское происхождение. С помощью этих программных пакетов первого поколения, литейщики могут буквально видеть, что происходит в отливке, как течет металл в полости формы и как он затвердевает (рисунок 1 – 2).

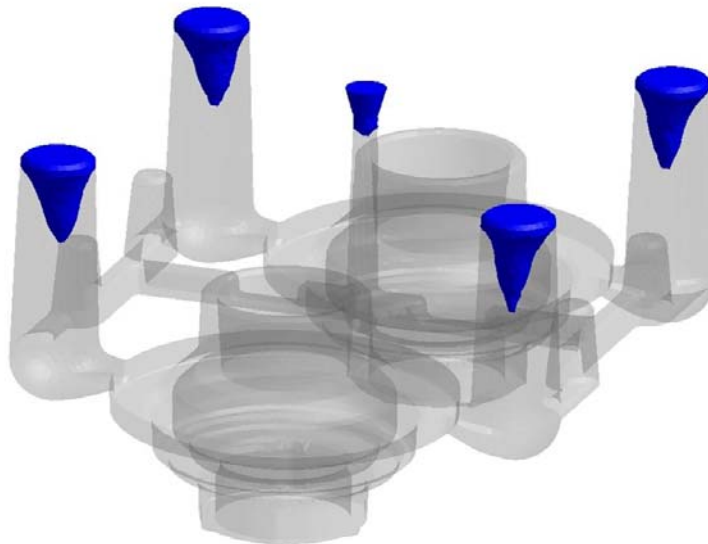


Рисунок 1 – Моделирование работы прибылей при получении отливки «Ступица»

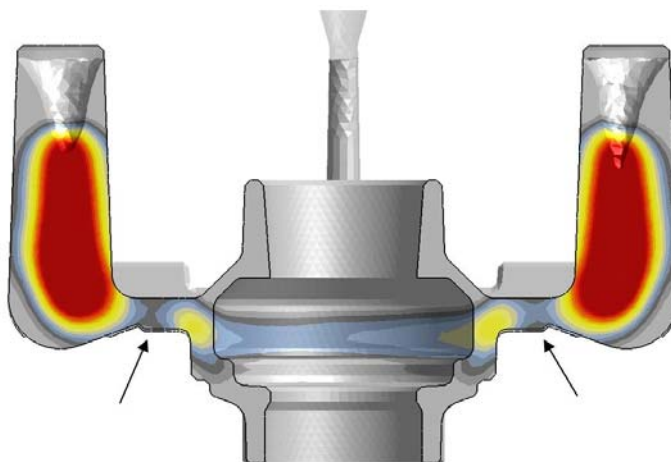


Рисунок 2 – Перемерзание шейки прибыли

Опыт использования программных средств для моделирования литейных процессов свидетельствует: системы CAD/CAE могут существенно помочь принять правильные решения для повышения качества литья и выхода годного, одновременно сокращая число операций по контролю качества и связанных с ними затрат.

Список использованных источников

1. Рафальский, И.В. Применение компьютерного термического анализа для моделирования процесса затвердевания отливок из алюминиевых сплавов / И.В. Рафальский, А.В. Арабей, П.Е. Лущик // Литье и металлургия. – 2010. – №1,2. – С. 115 – 121.
2. Кунву Ли Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

Выбор рациональной технологии переработки алюминиевых шлаков

Студенты: гр.104111 Горбель И.А., гр. 10405113 Красовский А.Л.,
гр.10405114 Миронович А.Ю.

Научные руководители – Неменёнок Б.М., Трибушевский Л.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Переработка алюминиевой стружки и шлака являются важным источником сырья для производства раскислителей и литейных алюминиевых сплавов. Проблема переработки алюминиевого шлака с годами становится все более актуальной как с точки зрения экономической выгоды, связанной с извлечением металлического алюминия и побочных товарных продуктов, так и в плане ужесточения требований по охране окружающей среды и захоронению отходов.

Шлаки, образующиеся при плавке алюминия и его сплавов, представляют собой конгломерат высокотемпературных образований из смеси металла, оксидов и солей. При удалении шлака с поверхности расплава с ними захватывается значительное количество металла, достигающее 70 – 80 % от массы шлака.

На ОАО «Белцветмет» шлаки и стружка алюминиевых сплавов поступают разного состава и от различных производителей алюминиевого литья, что в итоге сказывается на ее засоренности, влажности, содержании металлического алюминия и фракционном составе.

Значительные изменения в составе стружки и шлаков происходят и при их длительном хранении на открытых площадках в результате протекания химических реакций алюминия и его соединений с влагой воздуха. В итоге это приводит к росту безвозвратных потерь, снижению металлургического выхода и повышению себестоимости извлекаемого алюминия.

Влияние состава шихты на металлургический выход и длительность плавки в короткопламенной роторной печи исследовали в работе [1].

Для выбора наиболее рациональных параметров технологии плавки в данной печи, обеспечивающих минимальную себестоимость получаемого алюминиевого сплава, анализировали результаты 180 плавов. При проведении исследований в качестве компонентов шихты использовали алюминиевую стружку с засоренностью 6 и 25 %; алюминиевые шлаки с содержанием 50 – 68 % алюминия; просев алюминиевого шлака с фракцией более 10 мм. При расчете себестоимости получаемого сплава учитывали затраты на топливо, электроэнергию, шихтовые материалы и заработную плату с налогами для бригады плавильщиков.

Шлаки, поступающие на переработку, подвергали осмотру с целью оценки пригодности их для плавки: выявляли куски массой более 40 кг, наличие бедных, непригодных для непосредственной металлургической переработки сильно окисленных или флюсовых шлаков, а также, посторонних предметов (кирпич, лом черных металлов, графит и т.п.).

Металлургический выход (МВ) от всей металлозавалки рассчитывали по формуле:

$$МВ = \frac{M_{спл} - M_{прос.} \cdot \frac{a}{100} - M_{шл.} \cdot \frac{в}{100}}{M_{ср.} \cdot (1 - \frac{с}{100})} \cdot 100\% ;$$

где $M_{спл.}$ – масса полученного сплава, кг;

$M_{прос.}$ – масса просева шлака в шихте, кг;

a – количество алюминия, извлекаемого из просева шлака, %;

$M_{шл.}$ – масса шлака в шихте, кг;

$в$ – количество алюминия, извлекаемого из шлака, %;

$M_{стр.}$ – масса стружки алюминиевых сплавов в шихте, кг;

c – засоренность стружки, %

В ходе плавки массу стружки варьировали в пределах 140 – 440 кг, добавку шлака изменяли в диапазоне 0 – 360 кг, просев шлака добавляли в количестве 0 – 160 кг на плавку. Флюс при плавке не использовали.

Установлено, что увеличение доли шлака с 22 до 30 % в металлозавалке, состоящей из шлака и алюминиевой стружки, приводит к получению максимального металлургического выхода на уровне 83 % (рисунок 1). При этом длительность плавки изменяется незначительно и находится в пределах 76 – 78 минут.

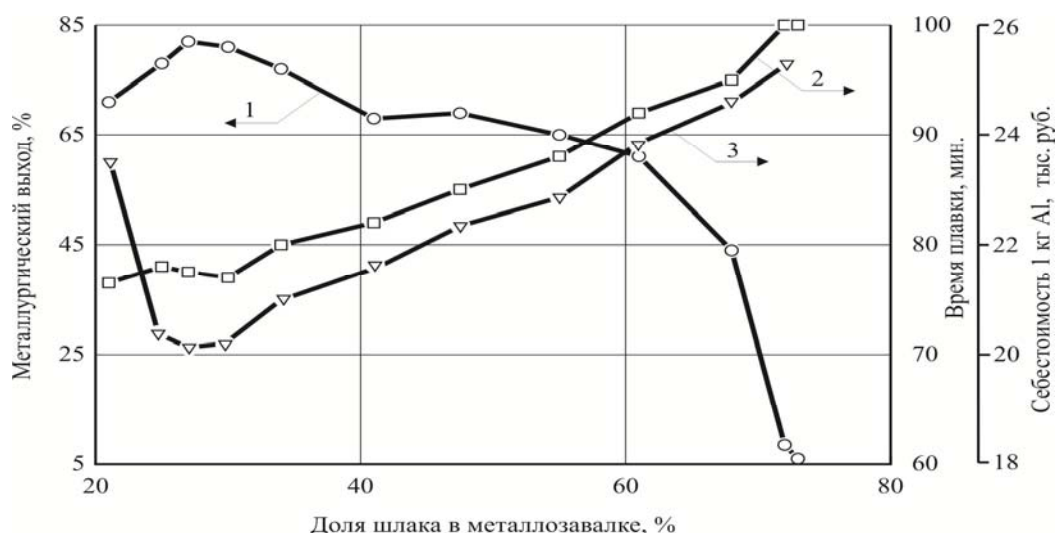


Рисунок 1 – Влияние доли шлака в металлозавалке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

С одной стороны при увеличении длительности плавки металлургический выход должен повыситься из-за лучшего отделения капель металла от шлака, но одновременного протекают и окислительные процессы, которые способствуют угару металла и его выносу вместе с дымовыми газами, учитывая конструктивные особенности плавильной печи. При этом растут затраты на топливо, электроэнергию для воздухоподогревателя и заработную плату. Использование более качественного сырья позволяет минимизировать время плавки и снизить затраты на ее проведение.

Как следует из рисунка 1, увеличение длительности плавки приводит к снижению металлургического выхода с повышением доли шлака в металлозавалке.

Себестоимость получаемого сплава является интегральной характеристикой, зависящей от ряда факторов: качества и стоимости сырья, длительности плавки и металлургического выхода. Поэтому зависимость себестоимости алюминиевого сплава от состава металлозавалки имеет экстремум, приходящийся на содержание шлака в шихте соответствующее 25–30 % (рисунок 1). Увеличение доли шлака сверх указанного или ее уменьшение в составе металлозавалки приводит к росту себестоимости. Можно допустить, что при таком соотношении компонентов шихты обеспечивается ее хорошая теплопроводность за счет заполнения шлаком промежутков между частицами стружки.

Увеличение отношения шлака к стружке в составе металлозавалки (рисунок 2) на себестоимость получаемого сплава имеет аналогичную зависимость. При этом минимальная себестоимость 20,09 – 20,2 тыс. руб. за 1 кг сплава отмечается при отношении шлака к стружке на уровне 32 – 50 %. Для данного соотношения компонентов шихты наблюдается также малая длительность плавки и максимальный металлургический выход.

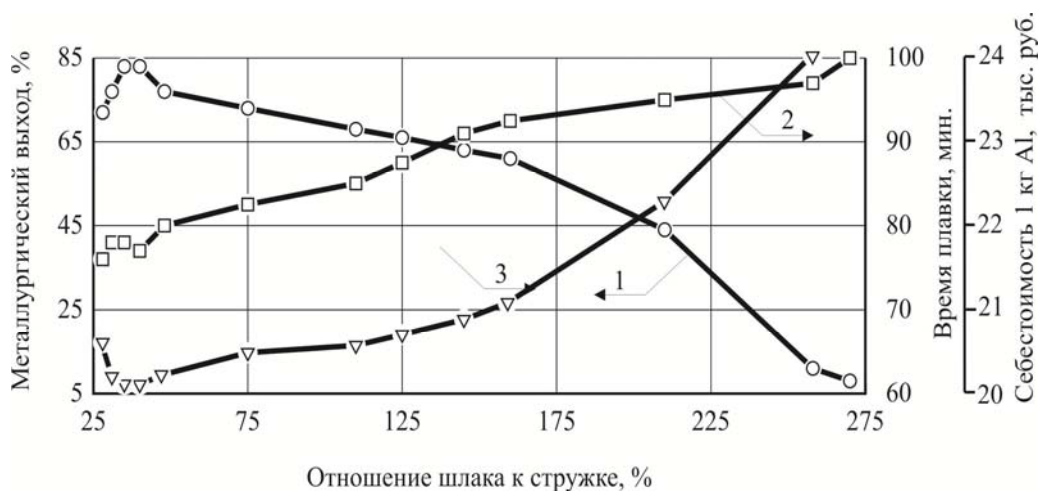


Рисунок 2 – Влияние отношения шлака к стружке с засором 25 % в составе металлозавалки на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава(3)

Проведение серии плавок на шихте, состоящей из стружки с засоренностью 25 %, и просева шлака показало, что минимальная себестоимость 1 кг сплава на уровне 20,7 тыс. руб. обеспечивается при отношении просева шлака к стружке 27 % (рисунок 3). При этом металлургический выход составляет 86,3 %, а длительность плавки ~ 77 минут. Максимальная себестоимость порядка 22,2 тыс. руб. отмечается при отношении просева шлака к стружке 34 %. Для данного состава шихты характерна меньшая длительность плавки (~ 69 минут) при металлургическом выходе 80,5 %.

Очевидно, что для данного состава шихты на снижение себестоимости сплава более сильное влияние оказывает показатель металлургического выхода. Даже увеличение длительности плавки на 3 минуты не сказывается на изменении себестоимости, если отмечается незначительное (0,5 %) повышение металлургического выхода.



Рисунок 3 – Влияние отношения просева шлака к стружке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

Анализ проведенных плавок показывает, что состав шихты существенно влияет на металлургический выход, длительность плавки и себестоимость получаемого сплава. При этом результирующий показатель (себестоимость) получается минимальным на уровне

20,0 – 20,2 тыс. рублей при доле шлака в металлозавалке 25 – 30 % и отношении шлака к стружке 35 – 45 %.

Следует отметить, что максимальный диапазон изменения себестоимости получаемого сплава в зависимости от исследованных вариантов состава шихты составляет 3 – 5 тыс. рублей за 1 кг без учета затрат на экологический налог и захоронение образующихся вторичных шлаков.

Дальнейшее снижение себестоимости возможно при реализации безотходной или малоотходной технологии плавки, которая предусматривает не захоронение образующихся отходов от вторичной плавки, а использование их для производства нового товарного продукта, востребованного в металлургии или в других производственных сферах [2].

Список использованных источников

1. Анализ процесса плавки алюминиевой стружки и шлака в короткопламенной роторной печи / Л.В. Трибушевский [и др.] // Литье и металлургия. – 2015. – № 2. – С. 42 – 48.

2. Влияние состава шихты на себестоимость получаемого сплава при плавке в короткопламенной роторной печи / Л.В. Трибушевский [и др.] // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2015. – Вып.36. – С. 151 – 158.

УДК 669.187.2; 669.187.25

Анализ десульфуряющей и раскислительной способности алюминия при обработке стали

Магистрант Никитюк П.А., студенты гр. 104111 Горбель И.А., Самута С.В., гр.10405114 Самусева А.И.

Научные руководители – Немененок Б.М., Трибушевский Л.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современные технологические процессы выплавки стали не позволяют получать расплавы чистые по неметаллическим включениям. Обычно количество неметаллических включений в стали не превышает 0,1 % (объемн.). Однако в связи с их малыми размерами число включений в металле очень велико. Так, если общее содержание включений равно 0,1 % (объемн.), то число включений в 1 см³ стали при размерах частиц 0,1-10 мкм составляет 10⁹-10³. Неметаллические включения, нарушая однородность металла, являются концентраторами напряжений и оказывают значительное влияние на механические свойства стали. Часть неметаллических включений попадает в металл из шихтовых материалов, футеровки плавильных агрегатов и разливочных ковшей, а также образуется в результате химического взаимодействия компонентов расплава со шлаками, печной атмосферой и в процессе кристаллизации расплава из-за снижения растворимости кислорода, водорода и азота в железе при переходе металла из жидкого состояния в твердое.

Наибольшее количество неметаллических включений связано с присутствием в расплаве серы и кислорода. Для их вывода из металла проводятся операции по десульфурации и раскислению стали за счет ввода элементов с большим сродством к кислороду и сере чем у железа.

Учитывая высокую химическую активность вводимых добавок нельзя исключать и возможность протекания побочных процессов, которые могут способствовать или препятствовать выполнению присадками их прямого назначения.

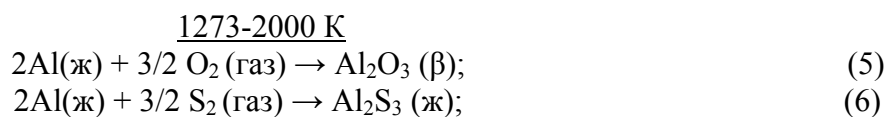
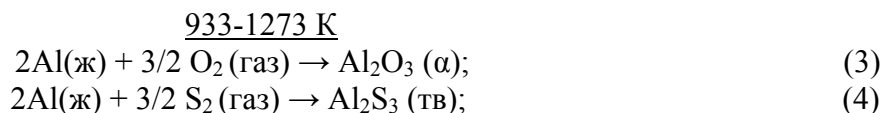
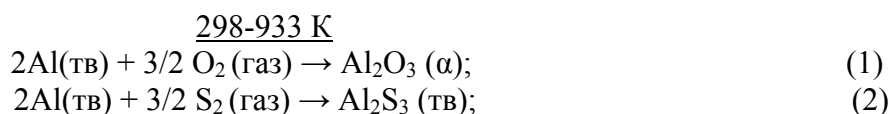
Как известно [1], для раскисления стали, т.е. удаления из расплава растворенного кислорода, широко используются добавки алюминия или его сплавов. Поэтому в настоящей работе ставилась задача по изучению вероятности протекания других процессов, кроме взаимодействия алюминия с кислородом, т.к. вопрос о способности любого вводимого в

жидкий металл элемента производить раскисляющее, десульфуризирующее, дефосфорирующее, нитридо-, гидридо- или карбидообразующее действие для большинства присадок остается открытым. Следует учитывать, что все процессы ковшевой металлургии протекают не изолированно один от другого, не разобценно, а совместно и, чаще всего, одновременно, то есть они совмещены, как в пространстве, так и во времени.

Ответ на данный вопрос можно получить из температурной зависимости изобарно-изотермических потенциалов реакций взаимодействия алюминия с основными примесями, содержащимися в сталях.

Для сравнительных исследований способности одних веществ вступать во взаимодействие с другими нет необходимости в высокой точности термодинамических расчетов. Поэтому, в качестве основного метода для исследований был принят ускоренный приближенный метод расчета равновесия химических реакций, разработанный профессором Л.П. Владимировым [2].

В температурном диапазоне 298-2000 К возможны следующие реакции взаимодействия алюминия с кислородом и серой:



Уравнения констант равновесия данных реакций имеют следующий вид:

$$\begin{array}{l} \lg K_2 = 47956,5/T - 15,771; \\ \lg K_3 = 88534/T - 17,5451; \\ \lg K_5 = 84031/T - 17,191; \\ \lg K_6 = 49058,5/T - 16,951* \end{array}$$

* – энтальпия перехода Al_2S_3 из твердого в жидкое состояние неизвестна, в связи с чем она в данном расчете не учитывается.

Уравнения для расчета изобарного потенциала ΔZ^0_T реакций взаимодействия алюминия с кислородом и серой в зависимости от температурного диапазона имеют следующий вид:

$$\begin{array}{l} \Delta Z^0_{T1} = -400001,4 + 74,87 T \text{ Ккал}; \\ \Delta Z^0_{T2} = -219401,0 + 72,15 T \text{ Ккал}; \\ \Delta Z^0_{T3} = -405043,0 + 80,27 T \text{ Ккал}; \\ \Delta Z^0_{T5} = -384443,2 + 78,65 T \text{ Ккал}; \\ \Delta Z^0_{T6} = -224442,6 + 77,55 T^* \text{ Ккал} \end{array}$$

На основании полученных выражений рассчитывали изобарные потенциалы реакций взаимодействия алюминия с кислородом и серой от температуры. Для перевода в КДж полученные значения умножали на 4,184. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

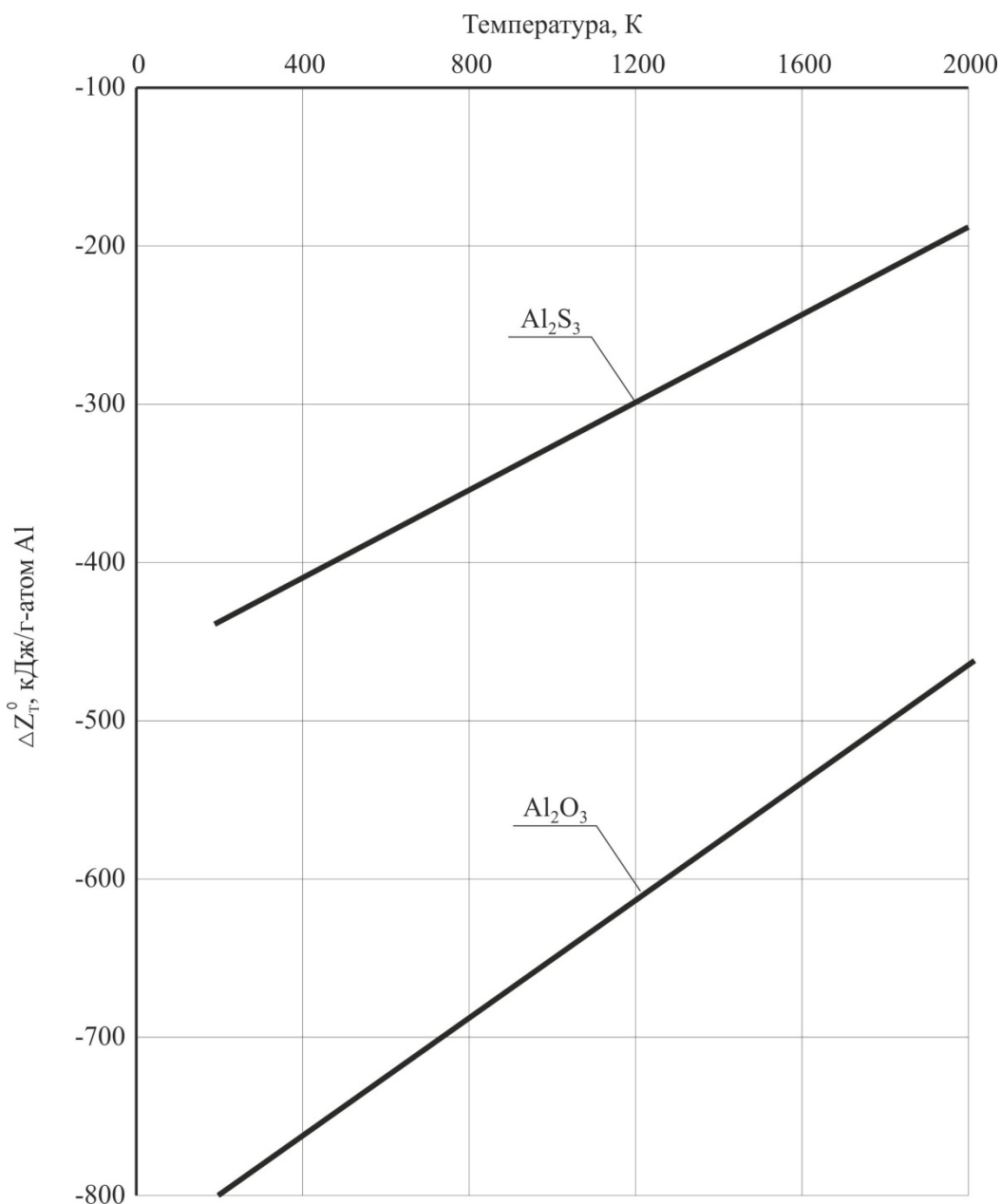


Рисунок 1 – Температурная зависимость изобарных потенциалов реакций взаимодействия алюминия с кислородом и серой

Из рисунка 1 следует, что термодинамически возможны реакции взаимодействия алюминия с кислородом и серой при температурах выплавки стали. Реакция образования сульфида алюминия протекает также с большой вероятностью, хотя константа ее равновесия на несколько порядков ниже, чем у реакции образования Al_2O_3 .

Проведенные расчеты позволили объяснить факт снижения содержания серы при обработке стали раскислительными смесями, полученными на основе алюминиевых шлаков.

Список использованных источников

1. Кудрин, В.А. Теория и технология производства стали / В.А. Кудрин. – М.: Мир, 2003. – 528 с.
2. Владимиров, Л.П. Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций / Л.П. Владимиров. – М.: Металлургия, 1970. – 246 с.

Пористость в отливках при литье под давлением

Магистрант Прибыш А.Н.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Характерной особенностью процесса литья под давлением является повышенная пористость получаемых отливок, которая существенно ухудшает его достоинства. Поэтому снижение пористости отливок является актуальной проблемой.

В рассмотренных по указанному вопросу публикациях отмечается, что при больших значениях усилия подпрессовки, характерных для литья под давлением, создаются условия для растворения захваченных в процессе допрессовки газов в металле отливки. Так, согласно закону Сивертса, растворимость газов в металле улучшается с повышением температуры и давления.

По активности взаимодействия с жидким металлом все газы можно разделить на 4 группы: благородные (инертные газы), простые двухатомные (O_2 , N_2 , H_2), газы-оксиды (H_2O , SO_2 , CO , CO_2 и др.) и сложные (углеводороды, сероводород, аммиак). Из указанных газов практическое влияние на пористость и газосодержание могут оказывать газы трех последних групп. Наибольшей растворимостью в алюминиевых сплавах обладает водород. При затвердевании его растворимость скачкообразно снижается, что является одной из причин образования газовой пористости при обычных способах литья. Кислород активно взаимодействует с алюминием с образованием устойчивого оксида.

По данным одних авторов заметной растворимостью в алюминии обладает азот, но, по мнению других авторов, азот не растворяется в алюминии, а вступает с ним в реакцию с образованием нитрида.

Газы третьей группы, содержащиеся в атмосфере цеха, а также образующиеся при контакте жидкого алюминия со смазками, вступают в реакцию с алюминием с образованием оксидов, сульфидов и карбидов.

Таким образом, из перечисленных газов в алюминии и его сплавах в значительных количествах растворяется только водород, остальные либо вступают в химическое взаимодействие с алюминием с образованием твердых соединений, либо образуют газовые включения.

**Перспективы получения и использования литой стальной фибры
для армирования бетонных конструкций**

Студенты: гр. 104111 Кулинич И.Л., гр. 10405112 Прокопчук Д.А.
Научный руководитель – Шейнерт В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из путей использования высокопрочных бетонов является применение в его составе стальной фибры, особенно при строительстве ответственных зданий и сооружений.

В настоящее время известны несколько способов получения литой стальной фибры, которые отличаются:

- по используемому сырью (шихта, сляб, вторичный металл, сварочная проволока и катанка);
- по способу загрузки сырья в зону плавления (ручная, полуавтоматическая загрузка, трайп-аппарат для подачи катанки и проволоки);

- по способу плавки (индукционный, электродуговой, плазменно-дуговой и соответствующим им конструкциям питателей рабочей камеры);
- по способу кристаллизации металла (с получением непрерывного волокна, штапельного волокна, ленты и т.д.).

Самым эффективным является электродуговой способ получения фибры [1], в основу которого могут быть положены два вида процесса:

Первый процесс – зона плавки металла и рабочая зона получения фибры разделены в пространстве.

Второй процесс – зона плавки металла совмещена с рабочей зоной получения фибры.

В основу технологии получения стальной литой фибры положен способ электроплавки стали с последующим диспергированием расплава на специальной установке. Она представляет из себя электромеханический комплекс устройств и агрегатов, позволяющий производить конечную продукцию непосредственно из исходной шихты в одну стадию. Например, можно получать из стальной катанки (Ст.08кп, Ст20) литую фибру высокой дисперсности (два измерения длина 2-20 мм и толщина 10-100 мкм) с развитой поверхностью частиц.

Созданная в НИИЛ ПТПП и РТ экспериментальная установка [3] состоит из следующих основных узлов; механическая часть с электроприводом, электродуговая часть, рабочая камера с системой вентиляции.

Это позволяет получать из стального холоднокатаного прутка (Ст.08кп, Ст20) литую фибру высокой дисперсности с высокой анкерной способностью в бетонных смесях. Однородный гранулометрический состав фибры обеспечивается автокалибровкой в процессе ее изготовления. А физико-механические свойства получаемого материала позволяют эффективно смешиваемость ее в бетоне без образования «ежей», с равномерным распределением фибры по объему. Качественные характеристики литой металлической фибры обеспечиваются также за счет снижения ее гранулометрического разброса в жидком состоянии и воспроизводимого структурирования по фазовому составу.

Использование вторичных металлических материалов при производстве такой фибры существенно сокращает затраты на ее производство.

Был проведен комплекс наладочных и экспериментальных работы с целью отработки технологии получения литой стальной фибры. В качестве примера на рисунке 1 представлены фотографии образцов полученного материала.

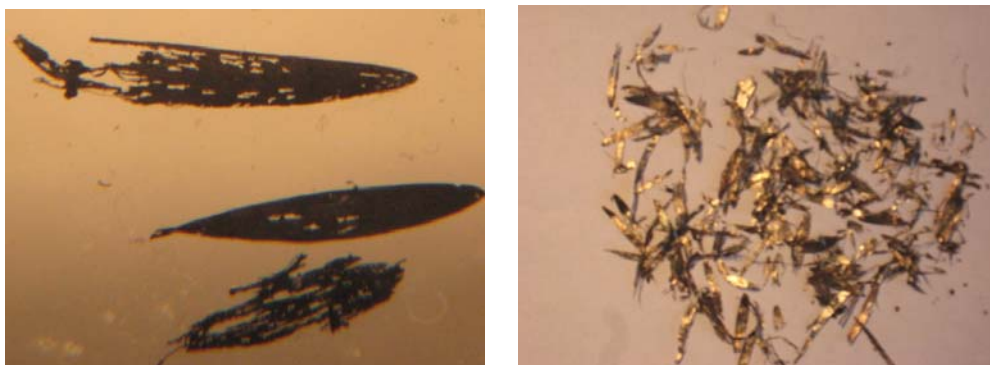


Рисунок 1 – Опытные образцы литой стальной фибры

После изучения физико-механических свойств фибры будут оптимизированы основные параметры процесса ее изготовления и получена опытная партия для проведения лабораторных испытаний на бетонных изделиях.

Перспективным направлением использования фибробетона являются строительство зданий, взлетно-посадочных полос, автомобильных дорог, военных укреплений, хранилищ

ценностей и опасных материалов, химическая и металлургическая промышленность (химически стойкий и теплостойкий бетон).

УДК 621.745.35

Влияние типа плавильного агрегата на энергопотребление при плавке чугуна

Магистрант Литвинов М.О.,
студенты: гр.10405113 Бичан А.Н., Мурашко И.А., гр.10405114 Позняк О.А.
Научный руководитель – Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В структуре себестоимости получаемых расплавов чугуна и стали затраты на энергоносители и шихтовые материалы являются наиболее значимыми. Поэтому любые мероприятия, направленные на снижение энергопотребления, являются одним из факторов повышения конкурентоспособности продукции.

В плавильных агрегатах в качестве энергоносителей наиболее часто используются электроэнергия (дуговые, индукционные печи), природный газ и литейный кокс (в вагранках). Согласно данным работы [1] наиболее эффективно расходуется тепловая энергия при плавке чугуна в электрических индукционных тигельных печах средней частоты (72,4 %), дуговых печах постоянного тока (66,4 %) и газовой вагранке фирмы Duker (59,2 %). Эти печи имеют более высокий термический КПД. Индукционные печи промышленной частоты требуют постоянного расхода электроэнергии для поддержания «болота» металла в расплавленном состоянии между завалками и во время горячих простоев.

Для плавки черных металлов на предприятиях чаще всего используются дуговые печи (ДП) переменного тока, технические возможности которых позволяют выплавлять широкую гамму сплавов с высокими показателями качества при использовании низкосортной шихты, что выгодно отличает их от индукционных печей [2].

Однако дуговые плавильные печи переменного тока наносят большой вред окружающей среде. Строительство мощных устройств пыле- и газоочистки для защиты воздушного бассейна требует почти таких же средств, как на приобретение и установку этих печей.

К недостаткам ДП переменного тока следует также отнести сравнительно высокий уровень удельного расхода электроэнергии, графитированных электродов (до 5,5 кг/т и более), угар шихтовых материалов и ферросплавов (3,5 – 6,0 %), а также высокий уровень шума (до 103 – 105 дБ).

В отличие от дуговых печей переменного тока дуговые печи постоянного тока (ДППТ) имеют один графитированный электрод, расположенный вдоль вертикальной оси печи, и один или несколько электродов, установленных в подине печи. Процесс плавки в ДППТ практически имеет те же технологические приемы (продувка металла кислородом, инертным газом, обработка шлаком, легирование), что и в ДП.

Управляемое перемешивание расплава улучшает и ускоряет металлургические процессы. Сочетание заданного направления и скорости движения металла с тепловым потоком от дуги позволило удерживать локальный нагрев расплава на уровне температуры, не превышающей 5 – 7% от средней температуры расплава во все периоды плавления, что обеспечило значительное снижение угара элементов сплава при плавке.

Для плавки твердой шихты применяются индукционные тигельные печи повышенной частоты (более 1000 Гц), средней частоты (150 – 500 Гц) и промышленной частоты (50 – 60 Гц). В чугунолитейном производстве индукционные печи повышенной частоты применяются в специализированных производствах.

При плавке металла в индукционной печи санитарно-гигиенические условия труда значительно лучше, чем при плавке в вагранке.

Эффективным мероприятием для снижения расхода технологической электроэнергии при плавке чугуна в индукционных электропечах является переход на печи средней частоты, работающей без «болота» [3]. Они имеют примерно в 3 раза более высокую мощность и соответственно производительность по сравнению с печами промышленной частоты такой же емкости. В таблице 1 приведены основные показатели электропечей для плавки чугуна.

Таблица 1 – Показатели оценки эффективности плавильных агрегатов и установок для плавки чугуна (электропечи) [1]

Показатель оценки	Электродуговые печи переменного тока типа ДЧМ	Электродуговые печи постоянного тока типа ДППТ	Индукционные, тигельные электропечи промышленной частоты типа ИЧТ	Индукционные, тигельные электропечи средней частоты типа IFM фирмы АВР
Нормальный режим работы	Поплавочный		Поплавочный с «болотом»	Поплавочный
Энергоноситель для плавки	Электроэнергия			
Удельный расход энергоносителя на 1 т выплавляемого чугуна: кВтч теплоэнергия, Мкал	650 – 750 559 – 645	550 – 650 473 – 559	> 1 100 > 946	550 473
Температура перегрева расплава чугуна, °С	до 1500	до 1500	до 1450	до 1450
Шихтовые материалы: чушковой чугун, % от м/завалки стальной лом	5 – 8 25 – 35	5 – 8 до 60	8 – 12 30 – 40	8 – 12 до 60
Качество шихты для плавки	Возможно применение низкосортного стального и чугунного лома		Очищенный от пригара, сухой	Очищенный от пригара
Металлургический угар чугуна, % угар (–), пригар (+) С	(–) 3,5 – 5,0 (+) 5 – 10	(–) ~ 3,0 (–) < 5,0	(–) ~ 3,0 (–) 5 – 15	(–) ~ 2,0 (–) 15 – 20
Si	(–) 5 – 15 (основная печь)	0	(–) 5 – 20 (основная печь)	(0 – 15)
Mn	(–) 15 – 30	(–) 10 – 20	(–) 10 – 15	(5 – 15)
S	(–) 20 – 30 (основная печь)	0	0	0
Минимальный % S в расплаве	Содержание в шихте. Возможен процесс десульфурации		Содержание в шихте	
Металлургическая обработка расплава	Возможна		Не возможна	
Загрязнение среды: а) твердые отходы (шлак), кг/т расплава	60 – 80	40 – 70	20 – 30	20 – 30
б) газовые выбросы, мг/м ³ : CO	0,88 – 0,94	до 0,8	0,5 – 0,007	0,5 – 0,07
SO ₂	–	–	–	–
NO ₂	0,18 – 0,20	до 0,2	0,37	0,37
в) пылевые, кг/т расплава	5,6 – 6,0	менее 5,0	0,55 – 0,8	0,55 – 0,8

Учитывая значительные пылегазовые выбросы при плавке в электродуговых печах, необходимо устанавливать эффективные очистные сооружения, что также потребует дополнительного расхода электроэнергии, которая будет повышать себестоимость получаемого расплава.

В работе [3] приведены сведения по относительной себестоимости 1 т жидкого чугуна в зависимости от способа выплавки. Если себестоимость при плавке в газовой вагранке принять за 1,0, то в дуговой печи и индукционной тигельной печи промышленной частоты она увеличивается в 2 раза, в дуговой печи постоянного тока – в 1,8 раза и в индукционной тигельной средней частоты – в 1,4 раза. Однако при этом следует учитывать качество получаемого расплава и экологические последствия.

Список использованных источников

1. Мельников, А.П. Современные тенденции развития технологии в литейном производстве / А.П. Мельников, Д.М. Кукуй // Литье и металлургия. – 2008. – № 3. – С.65 – 80.
2. Михайлов, Д.П. Печи литейных цехов / Д.П. Михайлов, А.Н. Болдин, А.Н. Граблев. – Ст. Оскол: ТНТ. – 2015. – 496 с.
3. Лузгин, В.И. Индукционные печи средней частоты нового поколения / В.И. Лузгин, А.Ю. Петров, Л.И. Фаерман // Металлургия машиностроения. – 2002. – № 1. С.4 –13.

УДК 669.054.82

Особенности переработки рафинировочных шлаков сталеплавильного производства

Магистрант Джураев Т.Х.,
студенты: гр.104111 Семенец И.Б., гр. 10405112 Прокопчук Д.А.,
гр. 10405113 Григорьев П.Е.
Научный руководитель – Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Из всего многообразия техногенных образований, получаемых в металлургическом производстве черных металлов, основной объем (свыше 80%) составляют шлаковые отвалы [1]. В современном сталеплавильном производстве следует различать плавильные шлаки, образующиеся в электродуговой печи и рафинировочные шлаки агрегата «печь-ковш».

В таблице 1 приведены усредненные составы печных и рафинировочных шлаков [2].

Таблица 1 – Усредненные химические составы печных и рафинировочных шлаков сталеплавильного производства [2]

Вид шлака	Химический состав шлаков, масс. %							
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	S
Печной	15,0-31,0	6,4-19,2	2,5-8,0	19,7-53,2	4,2-10,1	4,3-8,8	0,14-0,47	0,05-0,27
Рафинировочный	38,7-59,6	8,7-20,3	16-38,8	0,3-2,2	4,7-12,1	0,08-5,3	0,05-0,15	0,24-2,5

По данным качественного рентгенофазового анализа [2] в печных шлаках фиксируются вюстит FeO, магнетит Fe₃O₄, мервинит C₃MS₂ (3CaO·MgO·2SiO₂) и высокотемпературная модификация белита - ларнит β – C₂S (β - 2CaO·SiO₂). Рафинировочные шлаки содержат три основные фазы: майенит C₁₂A₇ (12CaO·7Al₂O₃), периклаз MgO и низкотемпературную модификацию белита - шеннонит γ – C₂S (γ - 2CaO·SiO₂). Фазовый состав шлаков определяет их физико-механические свойства и пригодность к дальнейшей переработке.

Переработка рафинировочных шлаков представляет более сложную задачу ввиду наличия в их составе значительного количества низкотемпературной модификации белита $\gamma - C_2S$ - шеннонита, образующегося вследствие сложных полиморфных превращений высокотемпературных модификаций белита ($\alpha - C_2S$, $\alpha - C_2S$ и $\beta - C_2S$) при охлаждении шлака до $830\text{ }^{\circ}\text{C}$, сопровождающихся увеличением объема и распадом шлака на пылевидные фракции. Это препятствует их массовой переработке в шлаковый щебень и вызывает загрязнение окружающей среды пылевыми выбросами на месте складирования этих шлаков. Для реализации массовой переработки таких шлаков в мировой практике используются четыре основных способа их стабилизации: боратная, неборатная, термическая и химическая [2, 3].

По мнению авторов работы [2] первые три способа направлены на стабилизацию только одной фазы рафинировочного шлака, являющейся причиной его распада - белита, однако в условиях восстановительной рафинировочной плавки в присутствии FeO ион Fe^{2+} может изоморфно замещать Ca^{2+} в структуре C_2S и стабилизировать низкотемпературную модификацию $\gamma - C_2S$, что может служить основной причиной распада шлака, снижающей эффективность добавок, стабилизирующих высокотемпературные модификации C_2S .

Четвертый, химический способ стабилизации рафинировочного шлака является наиболее перспективным и может быть реализован при смешивании печного и рафинировочного шлака с небольшим количеством корректирующих добавок. Рафинировочный шлак содержит значительное количество оксидов кальция и алюминия, но малое количество оксидов железа. Печные шлаки наоборот содержат значительное количество оксидов железа, но мало оксидов кальция и алюминия. При смешивании шлаков в жидком состоянии с небольшим количеством корректирующих добавок можно сформировать фазы портландцемента клинкера с высокой гидравлической активностью при низких затратах и сохранении вязкости, поскольку оксиды железа являются сильнейшими флюсующими добавками. В результате такого смешивания получается шлак следующего фазового состава, масс. %: 31,5 C_3S ; 6,2 C_2S ; 43,6 C_4AF ; 18,7 стеклофазы [2]. Фазовый состав полученного шлака характеризуется наличием в нем активных клинкерных минералов алита C_3S , браунмиллерита C_4AF и значительного количества стеклофазы.

Для предотвращения возникновения в твердеющих изделиях опасных напряжений, авторы работы [2] предлагают вводить в сырьевую смесь добавки, вызывающие раннюю гидратацию периклаза, а вяжущую систему формировать по принципу гипсоцементно-пуццолановых вяжущих. В качестве дигидрата сульфата кальция в вяжущее могут вводиться природный гипс, фторангидрит, фосфогипс, а в качестве добавки с пуццолановыми свойствами - известняк или мрамор, кислый шлак электросталеплавильного производства, красный шлам, а в качестве активатора гидратации переклаза - бишофит, сернокислый магний. В результате было разработано вяжущее на основе шлака, которое используется для изготовления перегородочных пазогребневых плит, соответствующих высшей категории качества по ГОСТ 6428 «Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия».

Известно [4], что большинство основных шлаков, содержащих более 45 % CaO и менее 8 % Al_2O_3 при медленном охлаждении склонно к силикатному распаду и превращению в порошок, что осложняет их переработку и использование. Однако при этом следует учитывать комплекс физико-химических процессов, сопровождающих охлаждение, кристаллизацию шлака и полиморфное превращение двухкальциевого силиката, которое приводит к формированию в воздушно-сухих условиях напряженной, потенциально способной к дальнейшим превращениям структуры. Количество двухкальциевого силиката зависит от состава шлака. По разным источникам распад происходит при колебании доли двухкальциевого силиката от 1 до 25 % и более. Высокие технологические свойства получаемого тонкодисперсного шлака позволяют с высокой эффективностью использовать его при производстве портландцементных вяжущих, силикатных бетонов, керамических изделий и т.д.

В работе [4] установлено, что технологические свойства высокоосновных шлаков, полученных по воздушно-сухой технологии, выше, чем шлаков гидравлического охлаждения.

Во-первых, такие шлаки имеют четкую мелкокристаллическую структуру с размером частиц 10-50 мкм, нулевую влажность и легко подвергаются магнитной и воздушной сепарации для отделения металла, в то время как для переработки шлаков гидравлического охлаждения необходимо создание сложной технологической схемы, включающей сушку и измельчение шлака с последующей многоступенчатой магнитной сепарацией. Шлак гидравлического охлаждения имеет рыхлую тонкодисперсную структуру с размером частиц 1-10 мкм. Во-вторых, эффективность применения шлаков воздушного охлаждения для производства строительных материалов (керамических изделий и силикатных бетонов) выше, чем при использовании шлака гидравлического охлаждения. В-третьих, капитальные вложения в эксплуатационные затраты при организации воздушной переработки высокоосновных шлаков могут быть существенно ниже, чем при гидравлическом охлаждении и организации дальнейшей переработки с использованием ряда дробильно-сортировочных стадий, магнитной сепарации и т.д.

На ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» разработана технология первичной переработки высокоосновных шлаков с использованием передвижной установки, способной осуществлять не только сбор тонкодисперсного шлака с поверхности шлаковой ямы, но и его эффективную воздушную сепарацию [4]. Экспериментально установлено, что уже через одни сутки после слива шлакового расплава слоем толщиной 0,2-0,3 м происходит его естественное охлаждение, сопровождающееся саморассыпанием застывшего шлакового монолита в тонкодисперсный порошок, для которого возможен сбор и сепарация.

Переработка сталеплавильных шлаков в будущем должна осуществляться непосредственно за сталеплавильным агрегатом в специальных установках. При этом извлекается металлическая составляющая, которая может быть использована повторно как шихтовой материал, и получается товарный продукт для дорожного строительства, производства цемента и бетонов, укрепления грунтов и балластирования железнодорожных путей, улучшения кислотного состава сельскохозяйственных почв. Тем самым минимизируются площади под отходы металлургического производства, и не происходит образования шлаковых отвалов, ухудшающих экологическую обстановку.

Одно из перспективных решений – переработка шлака в расплавленном состоянии в агрегатах с шаровой насадкой с целью производства кондиционного инертного наполнителя для дорожного строительства. В 1998 г. на комбинате «Баостил» (КНР) был успешно пущен в работу прототип такой установки и, тем самым, впервые в мире показаны эффективность переработки жидких шлаков в установках с колосниковым барабаном с шаровой насадкой и промышленная перспективность предложенного решения. Развивая это направление корпорация «Баостил» успешно внедрила подобное оборудование в Индии и Южной Корее [5].

В основе создания установок для переработки жидкого шлака лежит идея охлаждения расплава на движущейся металлической поверхности с использованием пространства, образованного металлическими шарами, находящимися в емкости. При вращении емкости расплавленный шлак, проникая в межшаровое пространство, оказывается окруженным со всех сторон металлом, быстро отдает ему тепло, переходит в пиропластичное состояние, изменяется, а затем в твердом состоянии удаляется из емкости через колосники [5, 6].

Внедрение в сталеплавильное производство, такой технологии и оборудования переработки шлаковых расплавов обеспечит получение новых высокоэффективных видов продукции для строительной индустрии, существенное сокращение потерь металла с отходами в сталеплавильном производстве, снижение его энергоемкости, улучшит экологическую обстановку за счет исключения образования шлаковых отходов.

Авторы работы [7] проводили переработку рафинировочных и электропечных шлаков в условиях электросталеплавильного цеха Ревдинского метизно-металлургического завода по обычной технологии и с использованием барабанной установки с шаровой насадкой. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Результаты исследований подтвердили реализацию процессов физической стабилизации рафинировочного шлака при охлаждении его в барабанной установке. Получение устойчивой структуры рафинировочного шлака улучшает его потребительские свойства и в окускованном виде он может быть использован в качестве флюсующей добавки в электродуговых печах.

Металлургические шлаки – ценное сырье для производства широкого ассортимента материалов для промышленности, жилищного и дорожного строительства. Качество продукции, полученной из шлаков, по физико-механическим свойствам не только не уступает, но в ряде случаев и превосходит материалы на основе природного сырья. Однако в промышленном производстве используется, например, только около 10 % всех образующихся сталеплавильных шлаков. Причин этого множество, но одной из самых главных можно считать низкий технологический уровень шлакопереработки [4].

Таблица 2 – Результаты испытаний ковшовых (рафинировочных) и печных шлаков [7]

Параметр	Шлак рафинировочный		Шлак печной	
	охлаждение в установке	обычный вариант охлаждения	охлаждение в установке	обычный вариант охлаждения
Гранулометрический состав, % при ячейках сита, мм				
> 120	–	–	–	24 – 30
> 70	–	1 – 3	–	16 – 18
> 40	–	2 – 6	–	15 – 19
> 20	1,08	2 – 4	5,5	8 – 12
> 10	4,75	3 – 5	23,32	6 – 9
> 5	26,15	5 – 8	26,15	9 – 12
> 2,5	32,15	4 – 7	20,95	5 – 7
0 – 2,5	43,22	69 – 83	24,08	3 – 7
Модуль крупности зерен шлака < 5 мм	3,51 (крупный)	–	3,83 (крупный)	–
Насыпная плотность, кг/м ³	1240	1120	1747	1780
Влажность, %	4,78	0,56	4,02	2,60
Устойчивость структуры (потеря массы пробы, %, после испытаний)	УСЗ 6,8	Распадающийся в процессе охлаждения на 85-90 %	УСЗ 6,0	УСЗ 6,3

Список использованных источников

1. Демин, Б.Л. Техногенные образования из металлургических шлаков как объект комплексной переработки / Б.Л. Демин, Ю.В. Сорокин, А.И. Зимин // Сталь. – 2000. – № 11. – С. 99 – 101.
2. Технологические особенности переработки шлаков ДСП и АКП в строительные материалы и опыт утилизации рафинировочного шлака в ОАО СТЗ / Л.И. Леонтьев [и др.] // Сталь. – 2014. – № 6. – С.106 – 109.
3. Технологические решения по переработке самораспадающихся шлаков / Б.Л. Демин [и др.] // Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: труды международного конгресса. – Екатеринбург, 2012. – С. 236 – 240.
4. Совершенствование технологии первичной переработки металлургических шлаков, склонных к силикатному распаду / В.А. Федосеев [и др.] // Сталь. – 2001. – № 12. – С. 77 – 80.
5. Охлаждение и кристаллизация шлакового расплава в межшаровом пространстве / А.Г. Шакуров [и др.] // Сталь. – 2012. – № 5. – С. 19 – 22.

6. Предпосылки и концепция создания энергометаллургических комплексов для переработки техногенных отходов / К.Л. Косырев [и др.] // Экология и промышленность России. – 2013. – июль. – С. 4 – 10.

7. Переработка шлаков ЭСПЦ в опытной установке барабанного типа с шаровой насадкой / Ю.В. Сорокин [и др.] // Сталь. – 2012. – № 3. – С. 70 – 73.

УДК 621.74.047

Анализ технологических и теплофизических параметров процесса полунепрерывного литья, влияющих на качество отливок

Студенты гр. 104 111 Сытько Т.А., Матюшенко С.А.
Научный руководитель – Довнар Г.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сущность непрерывного литья: заключается в получении непосредственно из расплава заготовок большой длины постоянного поперечного сечения. Непрерывное литьё предполагает разливку расплава в узел формирования отливки, из которого последняя вытягивается с помощью специального механизма. Полунепрерывное литьё является разновидностью способа, при котором после вытягивания заготовки требуемой длины, все механизмы возвращаются в исходное положение.

Параметры влияющие на качество отливок при полунепрерывном литье:

1. жидкотекучесть;
2. температура заливки;
3. литниковая система;
4. химический состав;
5. конструкция кристаллизатора

Жидкотекучесть.

Чугун, заливаемый в металлический водоохлаждаемый кристаллизатор, особенно для получения тонкостенных изделий, должен обладать повышенной жидкотекучестью при умеренных температурах заливки.

Положительное влияние степени эвтектического чугуна на литейные свойства объясняется минимальной и постоянной температурой плавления. В этом случае резко сокращаются ликвационные явления, повышается жидкотекучесть, и возрастает плотность отливок.

На жидкотекучесть также оказывает влияние окисленная пленка, образующаяся на открытой поверхности жидкого металла. В основном окисляется хром, марганец, кремний, железо и титан.

Температура заливки.

Для труб малого диаметра, толщина стенок которых составляет 8 – 10 мм, оптимальное значение температуры заливки находится в пределах 1280– 1300°C. Трубы с более толстой стенкой (12 – 15 мм) заливаются при 1270 – 1290°C. Нижний предел температуры заливки 1260°C может быть рекомендован для отливки труб большого диаметра с толщиной стенки 16 мм и более.

При заливке труб при более высоких температурах (>1300°C) были случаи прорыва затвердевшей корки с вытеканием жидкого металла, что приводило к необходимости снижения скорости извлечения. Низкая температура заливки значительно ухудшает условия протекания металла через литниковую чашу. В этом случае, как правило, ухудшается качество поверхности труб, а по толщине стенки наблюдается повышенное количество неслитин, газовых раковин и высокая пористость.

Литниковая система.

Литниковая система должна обеспечить оптимальную скорость заполнения кристаллизатора, а также предупредить попадание шлака в тело отливки. При литье тонкостенных полых изделий необходимо обеспечить равномерное распределение жидкого металла по всему периметру отливки без касания струями жидкого металла стенок кристаллизатора, чтобы предупредить появление спаев и неслитин.

Химический состав.

Физико-механические свойства материала отливок определяются химическим составом, технологией получения, условиями охлаждения, наличием легирующих элементов и др.

Конструкция кристаллизатора.

Кристаллизатор является важнейшим технологическим узлом МНЛЗ, так как в нем происходит формирование непрерывного слитка.

Основное назначение кристаллизатора – это формообразование слитка и отвод от кристаллизуемой стали такого количества тепла, которое обеспечивает условия для непрерывного формирования твердой оболочки слитка достаточной толщины и прочности, чтобы она не разрушалась под действием трения и ферростатического давления на выходе из кристаллизатора.

Тепловая работа кристаллизатора в значительной мере определяет качество непрерывной заготовки. Для обеспечения высокой интенсивности теплоотвода применяют кристаллизаторы с водяным охлаждением. При промышленном использовании конструкция кристаллизатора должна обеспечить высокое качество непрерывных слитков из сталей многих марок; необходимую скорость вытягивания слитка; стабильность и надежность процесса непрерывной разливки; высокую стойкость, обеспечивающую рентабельную работу всей установки; безопасность работы.

Исходя из результатов проведенной работы, можно сделать вывод, что качество отливок получаемых полунепрерывным литьем зависит от многих факторов, каждый из которых играет важную роль. Нельзя сказать, что какой-то из них самый важный, все факторы должны учитываться при разработке технологии. При правильной температуре заливки, правильно сконструированном кристаллизаторе, хорошо подобранном химическом составом и с учётом других важных факторов можно получить хорошие результаты, уменьшить брак, соответственно увеличить выход годного.

Материаловедение в машиностроении

К проблеме повышения стойкости прошивных оправок

Магистрант Сорокин Н.В.
Научный руководитель – Иваницкий Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время на рынке спрос на бесшовные трубы набирает все больший и больший темп. Бесшовные трубы изготавливают методом поперечно-винтовой прокатки. Основным рабочим инструментом при этом процессе является прошивная оправка.

Прошивная оправка является тяжело нагруженным рабочим инструментом прошивных станов поперечно-винтовой прокатки и непосредственно влияет на качество внутренней поверхности гильзы, что в свою очередь определяет качество получаемой трубы. Оправка подвергается циклическому воздействию высоких температур и удельных усилий при прошивке. Из-за жестких условий работы оправки выходят из строя. Самым основным дефектом прошивных оправок является отслоение или износ оксидного слоя, при этом проявляется чистый металл, при соприкосновении чистого металла оправки и металла заготовки они завариваются и в дальнейшем ни деталь, ни оправка не являются пригодными к работе.

Как показывает практика, лидирующее положение в мире по изготовлению прошивных оправок занимают Германия и Япония. Фирма «SmS – Meer» производит прошивные оправки в Германии методом высокотемпературного оксидирования из стали 4X2B5MФ с твердостью основного металла 37-40HRC. В Японии запатентовали производство прошивных оправок методом наплавления на основное тело оправки. Наплавку производят специальной проволокой на основе алюминида никеля, содержащей вольфрам.

В условиях ОАО «Завод Легмаш» прошивные оправки изготавливаются из поковок методом высокотемпературной оксидации в шахтных печах из стали 20ХН4ФА.

Одной из причин низкой стойкости оправок ОАО «Завод Легмаш» является недостаточная горячая твердость стальной основы. Поэтому формирование структуры при изготовлении оправки играет важную роль. Для этого рекомендуется следующая технологическая схема изготовления оправки. Перед механической обработкой проводится глубокая проковка бьюма для устранения возможных дефектов, а затем готовую оправку подвергают термической обработке (нормализация + закалка + высокий отпуск) и высокотемпературной оксидации.

Были исследованы 15 садок прошивных оправок на образцах-«свидетелях». Толщина оксидного слоя составила 0,2 – 0,4 мм, твердость стальной основы составила 197 – 220 НВ. Производственные испытания прошивных оправок в условиях БМЗ показали, что с повышением твердости стальной основы число проходов увеличивается.

Повышение качества болтов высокопрочных и проволоки отожженной

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

Целью данной работы является анализ возможных технологических причин брака метизной продукции ОАО «Речицкий метизный завод» (РМЗ) для повышения их качества.

В данной статье будут рассмотрены следующие образцы: болт высокопрочный, проволока отожженная.

Болт – крепежное изделие в форме стержня с наружной резьбой на одном конце, с головкой на другом, образующее соединение при помощи гайки или резьбового отверстия в одном из соединяемых изделий [1].

Высокопрочные болты применяются в качестве деталей соединяющих мостовые и строительные конструкции. Помимо этого, они востребованы и при скреплении металлических и деревянных конструкций, в машиностроении. Скручивают такими крепежными изделиями еще и пакеты, которые сварить очень тяжело или вообще невозможно [2].

Из проволоки производят шурупы, саморезы, винты, гвозди, гайки, шпильки.

На заводе ОАО «РМЗ» болт высокопрочный изготавливается из стали 20Г2Р. Проволока из стали 1СП, SAE 1018. Сталь поступает из головного предприятия холдинга БМК на каждую партию, есть сертификат качества, в котором указан химический состав и механические свойства стали.

При производстве болтов высокопрочных и проволоки отожженной были выявлены следующие дефекты: обезуглероживание на поверхности болта и проволоки по сечению (рисунок 1, 2).

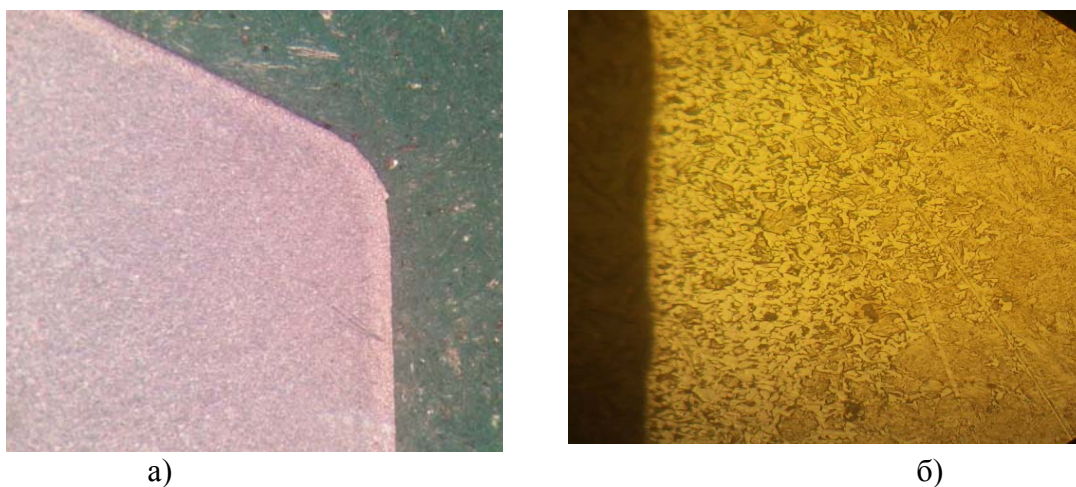


Рисунок 1 – Дефекты при производстве болтов высокопрочных:
а – обезуглероживание на головке болта, стереоскопический микроскоп $\times 50$;
б – обезуглероживание поверхности болта глубиной 0,11 мм $\times 500$

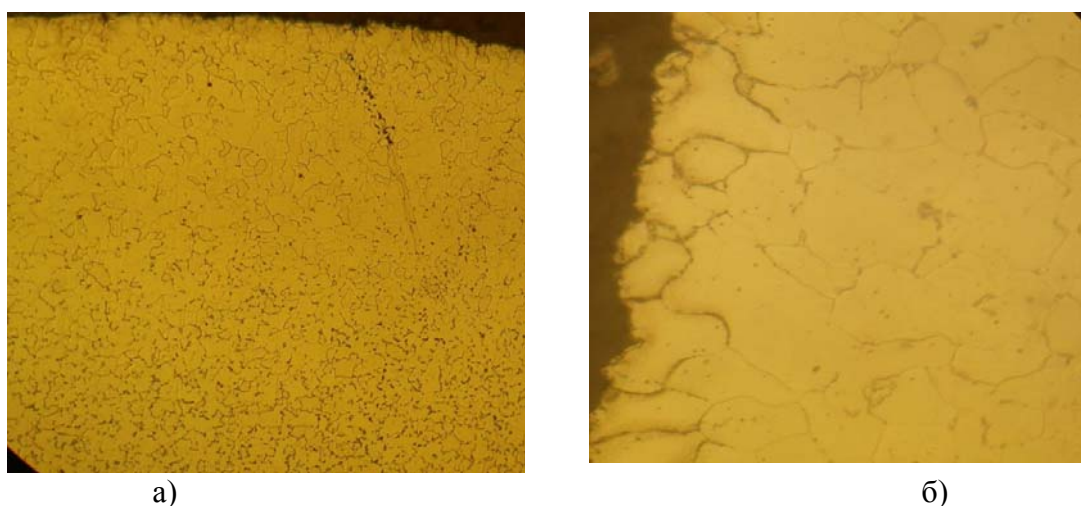


Рисунок 2 – Дефекты при производстве проволоки отожженной:
а – обезуглероживание проволоки отожженной $\times 200$;
б – поперечное сечение проволоки, обезуглероживание глубиной 0,4 мм $\times 1000$

Термическая обработка болтов заключается в нагреве под закалку до 880°C (выше точки Ас₃ сердцевины) и отпуск 470°C.

Контролем готовой продукции являются измерения проводимые на разрывное усилие и измерение твердости по Роквеллу, а так же измерение микротвердости сердцевины.

Брак заключается в том, что болт высокопрочный имеет обезуглероживание на поверхности, что соответствует невысокой твердости. Поверхностные слои болтов имеют структуру феррита. Структура основного металла мартенсит отпуска. Проволока на поверхности так же имеет структуру только феррита, что соответствует полному обезуглероживанию, а структура основного металла феррит + перлит.

Для устранения обезуглероженного слоя на поверхности болтов необходимо в печь для закалки установить углеродистый потенциал выше, чем содержание углерода в стали, для создания защитной атмосферы.

Для устранения обезуглероженного слоя проволоки необходимо отжиг проводить в защитной печной атмосфере и увеличить время выдержки. Так же необходимо обеспечить равномерный прогрев по сечению бухты проволоки, охлаждение производить в печи.

Таким образом, правильно подобранный и произведенный технологический процесс способствует повышению требуемых свойств и уменьшает вероятность брака.

Список использованных источников

1. Изделия крепежные. Термины и определения: ГОСТ 27017–86. – Введ. 01.01.88. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 48с.

2. Применение высокопрочных болтов, гаек и шайб [Электронный ресурс] / Болты, гайки, шайбы – Режим доступа: <http://www.metizstroy.ru/novosti/primenenie-visokoprochnich-boltov-gaek-i-shayb.html> – Дата доступа 17.03.2016

УДК 621.785.5

Исследование влияния комплексного порошкового азотирования на стойкость инструмента, эксплуатирующегося в условиях Гомельского завода сельскохозяйственного машиностроения

Магистрант Ильеня А.В.

Научный руководитель – Ситкевич М.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

С целью повышения долговечности инструментальной оснастки в условиях термического цеха инструментального производства Гомельского завода сельхозмашиностроения («Гомсельмаша») проведены работы по применению процессов комплексного азотирования с использованием порошковых смесей включающих наряду с азотонасыщающими компонентами и борокарбосодержащие добавки. В базовом варианте металлорежущий инструмент преимущественно изготавливают из стали Р6М5 и подвергают закалке с температуры 1220 °С с последующим трехкратным отпуском при температуре 560 °С. Тяжелонагруженные наладки для горячей штамповки стальных заготовок изготавливают из сталей 5Х3В3МФС и 4Х4ВМФС и подвергают закалке с температуры 1100°C с последующим отпуском при 600 °С.

Процессу комплексного порошкового азотирования подвергали отдельные позиции полностью термообработанных метчиков, разверток, зенкеров, горячедеформирующих наладок без последующей термообработки. Диффузионное насыщение проводили в контейнерах из углеродистых сталей при температуре 560 °С.

Как показывает практика, в случае режущего инструмента (метчики, развертки, зенкеры, сверла, фрезы и др.), изготавливаемого из быстрорежущей стали типа Р6М5, оптимальная толщина диффузионного слоя составляет 30-50 мкм. Диффузионный слой такой толщи-

ны достигается при температуре 560°C и времени выдержки 40 – 80 минут. Для деформирующего инструмента из высоколегированных сталей типа 5Х3В3МФС и 4Х4ВМФС, работающего в условиях длительного изнашивания, необходимо получение диффузионных слоев максимальной допустимой толщины. Как показывают исследования, наиболее оптимальную толщину упрочнения следует считать 150 – 200 мкм, которую можно получить на данных сталях за 8 – 10 часов выдержки при температуре 560°C. За толщину диффузионных слоев принимают зону повышенной микротвердости, измеренной с использованием прибора ПМТ-3.

График зависимости микротвердости после термической обработки и после комплексного порошкового азотирования представлен на рисунке 1.

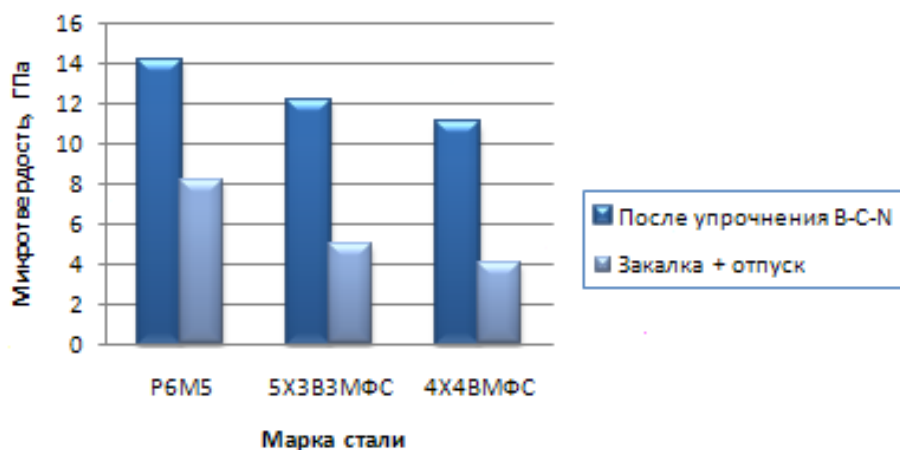


Рисунок 1 – Влияние химико-термической обработки различных сталей на микротвердость диффузионноупрочненных слоёв, полученных при 560°C

Проведенные дюраметрические исследования показали, что на образцах из стали P6M5 микротвёрдость рабочих поверхностей в результате комплексного порошкового азотирования становится 14,3 ГПа. В случае использования стали 5Х3В3МФС микротвердость поверхностных слоев составляет 12,4 ГПа. Микротвердость поверхностных слоев после комплексного порошкового азотирования стали 4Х4ВМФС составляет 11,2 ГПа. В тоже время без химико-термической обработки после закалки и отпуска микротвёрдость стали P6M5 не превышает 8,5 ГПа, а сталей 5Х3В32МФС и 4Х4ВМФС ниже 5,5.

В структуре комплексноазотированных слоев наблюдается вблизи поверхности исследуемых сталей наличие светлой полосы ϵ -фазы. Эта фаза состава $Fe_{2-3}(N,C,V)$ с гексагональной решеткой. Под ней располагается темнотравящаяся зона гетерогенного строения, в которой наряду со структурными составляющими основного материала присутствуют включения борокарбонитридов железа и легирующих элементов, концентрация которых плавно уменьшается по мере удаления от поверхности, что обеспечивает прочное их сцепление с металлической основой и предотвращает скалывание даже при относительно высоких динамических нагрузках.

Как показали контрольные замеры инструмента до и после упрочнения в диффузионно-активных смесях, изменение размеров составляет до 0,01 мм, что входит в допуски при изготовлении инструмента.

В условиях термического цеха инструментального производства «Гомсельмаша» проведено диффузионное упрочнение (комплексное порошкового азотирования 560°C, 1 час) металлорежущего инструмента (зенкер Ø20x145мм, развертка Ø10x195мм, метчик M12x80мм) изготовленного из стали P6M5 и применяемого в инструментальном цеху для механической обработки деталей. Сравнительные испытания проводились в производственных условиях и оценивались по количеству обрабатываемых деталей и отверстий.

Также проведено диффузионное упрочнение (560 °С, 8 часов) горячедеформирующих наладок, изготовленных из стали 5Х3В3МФС и применяемых в кузнечно-термическом цеху для горячей штамповки заготовок ножей из стали 45. Сравнительные испытания проводились в производственных условиях и оценивались по количеству отштампованных заготовок ножей. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние комплексного порошкового азотирования на стойкость инструмента

№ п/п	Наименование Инструмента	Марка стали	Стойкость без упрочнения	Стойкость после упрочнения
1	Зенкер Ø20x145мм	P6M5	90 штук	180 штук
2	Развертка Ø10x195 мм	P6M5	100 штук	300 штук
3	Метчик M12x80 мм	P6M5	80 штук	192 штук
4	Деформирующая наладка	5Х3В3МФС	2050 штук	7175 штук

Из таблицы 1 видно, что стойкость металлорежущего инструмента увеличилась в 2,0; 3,0 и 2,4 раза соответственно, стойкость деформирующих наладок увеличилась в 3,5 раза.

Основной причиной выбраковки режущего инструмента является изнашивание по задней и передней поверхностям. Для выбраковки наладок принимали отклонение от геометрии отштампованных заготовок сверх допустимых значений в соответствии с технологией их изготовления.

Комплексноазотированная поверхность инструмента, обладающая пониженным коэффициентом трения, обеспечивает более легкий отвод стружки, а также предотвращает ее налипание на режущие кромки и образование лунок износа, что дает возможность увеличить подачу и скорость резания. Упрочнение наладок дало повышение микротвердости поверхности инструмента и увеличение ресурса работы, замедлив развитие разгарных трещин, изнашивание и смятие поверхности пуансона и матрицы. На основании приведенных данных следует, что в результате комплексного азотирования упрочнения улучшаются эксплуатационные свойства инструмента, что обеспечивает повышение его стойкости в 2-3,5 раза.

УДК 621.762

Индукционная наплавка диффузионно-легированных сплавов

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

В современной металлообрабатывающей промышленности часто используется технология индукционной наплавки, которая позволяет достичь высокого уровня прочности готового изделия.

Индукционная наплавка основывается на использовании токов высокой частоты для нагрева металла детали и наплавляемого материала. Деталь с нанесенной шихтой вводят в индуктор ТВЧ установки. ТВЧ проходя через контур индуктора возбуждают в поверхностном слое детали токи Фуко, которые нагревают поверхность детали [1].

При наплавке порошкообразной шихтой в качестве присадочного материала используют порошкообразную шихту, которая состоит из гранулированного сплава и флюсов на основе буры. Приготовленную шихту наносят равномерным слоем на поверхность наплавляемого изделия. Затем изделие с нанесенным слоем шихты вводят в индуктор ТВЧ, форма и размеры которого определяются конфигурацией упрочняемой поверхности. Питание индуктора осуществляют от ламповых высокочастотных установок с частотой 70 или 440 кГц. В

процессе нагрева шихты до температуры 600...750 °С происходит расплавление флюса и образование жидкой фазы, которая смачивает поверхность детали и частички твердого сплава.

Улучшается теплопередача от основного металла в присадочный, а температурный градиент резко уменьшается. При дальнейшем нагреве увеличивается химическая активность флюса и он вступает во взаимодействие с окислами, переводя их в жидкий шлак. Одновременно происходит процесс плавления гранул присадочного материала, которые хорошо смачивают раскисленную поверхность основного металла. В результате на наплавляемой поверхности детали образуется слой жидкого присадочного сплава, наружная поверхность которого защищена от взаимодействия с кислородом воздуха слоем жидкого шлака (рисунок 1). Учитывая скоротечность процесса наплавки, выбирают такой флюс, чтобы раскисление наплавляемого металла продолжалось в течение нескольких секунд.

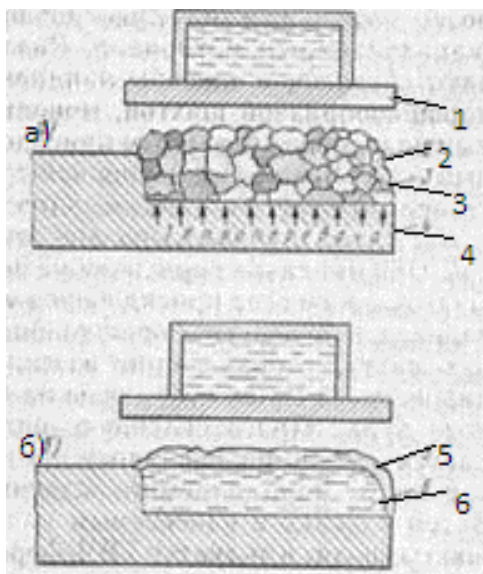


Рисунок 1 – Схема способа индукционной наплавки порошкообразной шихтой [2]:

а – начало процесса; б – окончание процесса;

1 – индуктор ТВЧ; 2 – частицы наплавляемого сплава; 3 – частицы флюса; 4 – деталь;
5 – слой жидкого флюса; 6 – жидкий присадочный сплав

После отключения питания индуктора ТВЧ происходит процесс кристаллизации наплавленного слоя сплава.

Пористость полученных слоев составляет порядка 3 – 5 %. Твердость наплавленных слоев 50...60 HRC.

Дальнейшая обработка заключается в удалении шлака и придании режущему (упрочненному) лезвию или всей детали окончательной формы известными методами – гибкой, заточкой и пр.

Сегодня метод индукционной наплавки широко применяется для придания прочности лемехам, лапам культиваторов, свеклокомбайнов, ножам прочей сельхозтехники, ключевым узлам буровых машин, режущим деталям кормозаготовительных машин и другой техники, на которую приходится сильные нагрузки.

Список использованных источников

1. Гуляев, А. П. *Металловедение* / А.П. Гуляев. – Учебник для вузов. - 6-е изд., перераб. и доп. М.: *Металлургия*, 1986.

2. *Индукционная наплавка твердых сплавов* / В. Н. Ткачев [и др.]; под ред. В.Н. Ткачева и Б. М. Фиштейн. – М.: *Машиностроение*, 1970. – 148с.

Исследование микроструктуры металла

Студенты: гр.10405514 Пацеко Е.К., гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Исследование строения металла при больших увеличениях (от 100 крат и более) с помощью микроскопа (оптического или электронного) на специально приготовленных образцах, микрошлифах, позволяет установить связь химического состава, условий производства и обработки сплава с его микроструктурой и свойствами.

Микроанализ включает три этапа:

- 1) приготовление микрошлифов – вырезка, шлифование и полирование;
- 2) травление шлифов – выявление структуры;
- 3) исследование микроструктуры под микроскопом до и после травления.

Полированный микрошлиф под микроскопом представляет собой светлую поверхность с отдельными темными пятнами, точками и линиями, которыми могут быть неметаллические включения (оксиды, сульфиды, шлаки, графиты, нитриды, силикаты) и дефекты металла (раковины, поры, микротрещины, следы обработки).

При изучении неметаллических включений и дефектов металла под микроскопом исследование проводят на нетравленной поверхности шлифа, так как травление может изменить их цвет и исказить вид.

Для выявления полной микроструктуры поверхность шлифа подвергают травлению, т. е. воздействию химически активных растворов щелочей, солей, кислот в спирте или воде. Конкретный химический реактив для травления выбирают, исходя из состава исследуемого металла, его предшествующей обработки и цели исследования. В процессе травления реактив неодинаково взаимодействует с различными участками поверхности микрошлифа, что приводит к разной степени их травимости.

Принцип травления многофазных сплавов заключается в избирательном растворении (вследствие разных скоростей растворения фаз в травящем реактиве) либо окраске одной или нескольких фаз благодаря разнице в химическом составе и в меньшей степени – различной ориентации структурных составляющих.

Однако в чистых металлах или однофазных сплавах избирательное растворение является, по существу, результатом различной ориентации зерен, так как в плоскость микрошлифа попадают разные кристаллографические плоскости.

Таким образом, в результате неодинакового травления границ зерен, фазовых и структурных составляющих на поверхности шлифа появляется микрорельеф (рисунок 1).

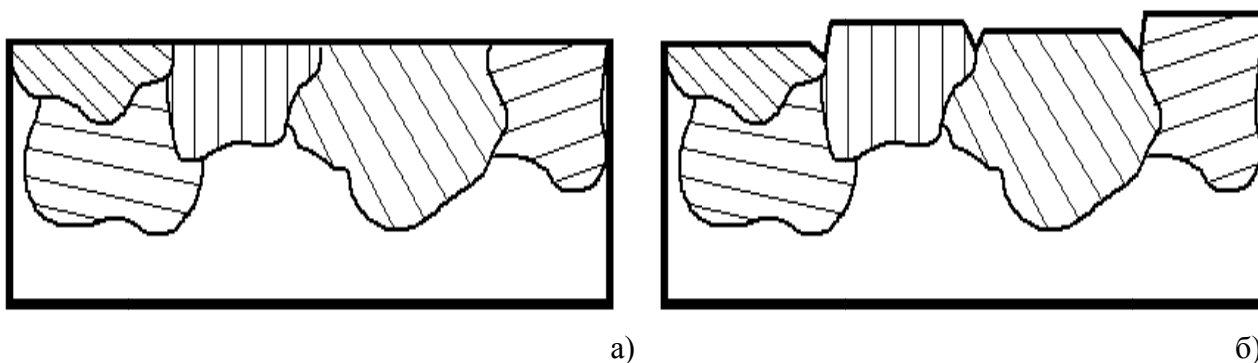


Рисунок 1 – Поверхность микрошлифа:
а – до травления; б – после травления

**Влияние поперечно-клиновой прокатки на макроструктуру
и механические свойства материала**

Студенты: гр. 10405512 Сможевский И.И., гр. 10401113 Касьянов К.В.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Поперечно-клиновая прокатка (ПКП) является одним из наиболее экономичных и производительных способов изготовления ступенчатых валов, осей с различной конфигурацией ступеней.

Сущность процесса ПКП заключается в упругопластическом качении горячей заготовки между двумя клиновыми инструментами, параллельно перемещающимися навстречу друг другу и установленными на плитах или вращающимися в одну сторону и установленными на валках с параллельными осями.

Существенным преимуществом ПКП является повышение эксплуатационных свойств изделия за счет формирования в процессе прокатки новой макроструктуры заготовки. Макроструктура прокатанной заготовки (рисунок 1) характеризуется непрерывными волокнами, расположенными симметрично оси детали. Волокна имеют форму, приближенную к продольному профилю изделия. Чем ближе к поверхности, тем ближе форма волокон к профилю поверхности и выше их плотность.



Рисунок 1 – Снимок макроструктуры прокатанной заготовки

Расположение и форма волокон выгодно отличаются от формы волокон у изделия, полученного резанием или объемной штамповкой. При получении деталей резанием образуется макроструктура с прерывистыми волокнами. У изделий, полученных объемной штамповкой, волокна остаются непрерывными, но расположены они несимметрично относительно оси. Волокна концентрированы и изогнуты в направлении преимущественного течения материала (рисунок 2).

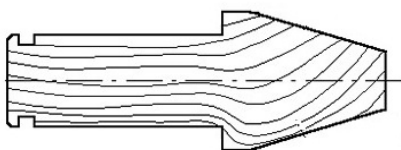


Рисунок 2 – Примерная схема расположения волокон при штамповке

Симметричное расположение волокон относительно оси у изделий, полученный поперечно-клиновой прокаткой, и их возрастающая плотность от оси к поверхности позволяют улучшить ряд эксплуатационных характеристик готовых изделий.

Установлено, что у детали, полученной поперечно-клиновой прокаткой, циклическая долговечность примерно на 27% выше, чем у изделий, полученных путем штамповки [1].

Так же направленность волокон вдоль профиля детали и симметричное расположение их относительно оси является важным преимуществом для деталей, работающих на износ, например, для резцов угольных комбайнов и дорожных фрез (рисунок 3). При эксплуатации таких деталей сила трения направлена вдоль волокон, что способствует снижению скорости износа. Установлено, что стойкость резцов, полученных клиновой прокаткой в среднем выше на 11%, чем у резцов, полученных резанием [1].

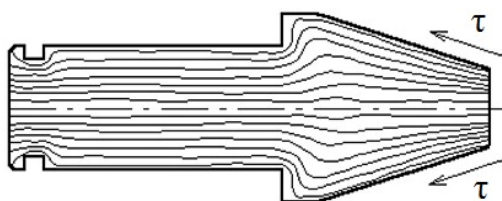


Рисунок 3 – Расположение волокон при ПКП и направление сил трения, возникающих в результате работы резца

Как показали испытания, ПКП не оказывает существенного влияния на твердость материала, а как следствие и на балл зерна [1].

Список использованный источников

1. Садко, В. И. Поперечно-клиновая прокатка: руководство по практическому применению / В. И. Садко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 176 с.

УДК 621.785

Сравнение методов азотирования при различных способах насыщения

Магистрант Лайко А.А.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Методы азотирования часто различают по агрегатному состоянию азота в исходном состоянии:

- жидкий: карбонитрирование (цианирование) в расплаве солей;
- газообразный: газовое азотирование и карбонитрирование;
- ионизированный газ: азотирование и карбонитрирование в плазме тлеющего разряда.

Названные методы азотирования имеют, однако, свои достоинства и недостатки, которые должны приниматься во внимание при выборе азотирования как альтернативы цементации в зависимости от требуемых параметров детали и достигаемых свойств в процессе азотирования.

Процесс азотирования в расплаве солей благодаря короткому времени процесса является очень гибким. Этот метод наиболее выгоден в тех случаях, когда на первом месте стоит повышение износостойкости коррозионностойкости обрабатываемых поверхностей. Однако

некоторые, более и менее значимые недостатки этого процесса, ограничивают применение данного метода, в особенности для больших деталей:

- большие затраты на мойку после азотирования;
- большие затраты на восстановление и удаление соли и моечного раствора;
- большие затраты энергии при работе ванны, что ограничивает размер ванны;
- температура обработки сильно ограничена;
- частичное азотирование трудноосуществимо.

Газовое азотирование – это более универсальный процесс азотирования, который в прошедшие 10 лет интенсивно развивался с точки зрения технологии, оборудования и систем управления. Этот метод является очень хорошей альтернативой цементации. В особенности при обработке крупного инструмента и зубчатых колес на основании существенного снижения температуры обработки и отсутствия дальнейшей обработки азотирование имеет экономические преимущества по сравнению с цементацией.

Несмотря на высокий технологический уровень метода газового азотирования, имеется несколько моментов, которые ограничивают применяемость этого метода с технических, экономических и экологических точек зрения:

- высокое потребление газа;
- использование горючих газов, что требует специальных мероприятий по защите;
- нет возможности депассивации поверхности деталей в процессе азотирования;
- невозможно азотирование нержавеющей сталей;
- высокие расходы по нанесению и удалению специальных средств для защиты неазотируемых поверхностей.

Азотирование в плазме (PulsPlasma- азотирование).

Первое применение азотирования в плазме появилось в 30-х и 40-х годах прошлого столетия. Первые установки азотирования в плазме имели холодные стенки камеры и работали с постоянным током. Дальнейший толчок в развитии азотирования в плазме получило в середине 80-х годов с появлением т.н. пульсирующего метода. При этом возбуждение плазмы достигается посредством пульсирующего постоянного напряжения. Появление электрической дуги избегается с помощью постоянного прерывания напряжения. Также необходимо разделять подводимую мощность плазмы и нагрев деталей до температуры обработки. Установки постоянного тока с необходимостью охлаждения стенок камеры для отвода избыточной тепловой энергии (установки с холодными стенками) постепенно теряют актуальность.

Установки с горячими стенками с отдельным нагревом стенок камеры являются сегодня стандартом в плазменном азотировании.

При классическом процессе азотирования в расплаве солей и газах происходит диссоциация азотосодержащих компонентов и образование азотированного слоя вследствие термохимического процесса в условиях атмосферного давления или небольшого избытка давления. Для разложения азотосодержащих компонентов, активации процесса и образовании нитридов необходима энергия термической реакции. Для поддержания процесса азотирования существует минимальная температура, при которой процесс насыщения еще не идет или идет очень медленно, что экономически не выгодно. Необходимые температуры процессов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сопоставление различных способов азотирования

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

В противоположность названным выше процессам при PulsPlasma – азотировании необходима энергия возбужденного газа (плазма тлеющего разряда), чтобы активировать необходимую реакцию для образования связующего слоя и диссоциации молекул азота на атомы.

Азотируемые детали, сформированные в садку, помещаются в нагреваемую вакуумную камеру. После откачки до рабочего давления (50 до 400 Па) между садкой (катод) и стенкой камеры (анод) прикладывают пульсирующее напряжение более сотни вольт, так что находящийся в камере газ ионизируется и становится электропроводным. В зависимости от величины приложенного напряжения между обрабатываемыми деталями и стенкой камеры зажигается тлеющий разряд, который в зависимости от давления, температуры и газа характеризуется определенным свечением. Активные атомы азота в смеси обрабатываемых газов могут образовывать с атомами железа азотируемой стали химическое соединение. Кроме того атомы азота диффундируют в зависимости от температуры и времени в глубь стали.

PulsPlasma – азотирование деталей для улучшения износостойкости, коррозионной стойкости и для увеличения ресурса работы находит все большее применение в процессах термоупрочнения поверхности по причине своих преимуществ. В особенности в противоположность цементации и классическому газовому азотированию этот метод азотирования может предложить экономичную технологию упрочнения, что ведет к снижению затрат в целом.

УДК 669.14-156

Аморфные металлы. Получение. Классификация и свойства

Студенты гр. 104512 Заянчковская М.И., Пиляева А.А.
Научный руководитель – Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Аморфные металлы – класс металлических твердых тел с аморфной структурой, характеризующейся отсутствием дальнего порядка и наличием ближнего порядка в расположении атомов. В отличие от металлов с кристаллической структурой, аморфные металлы характеризуются фазовой однородностью, их атомная структура аналогична атомной структуре переохлажденных расплавов.

Аморфные сплавы подразделяются на 2 основных типа: металл-металлоид и металл-металл. При аморфизации методом закалки из жидкого состояния могут быть получены сплавы, содержащие следующие элементы:

Для типа металл-металлоид: В, С, Si, Al, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ge, As, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Ag, Sn, Te, Hf, Ta, W, Ir, Pt, Au, Tl, La.

Для типа металл-металл: Be, Mg, Al, Ca, Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Rh, Pd, Ag, Sb, Hf, Ta, Re, Ir, Pt, Au, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Th, Dy, Ho, Er, Lu, Th, U.

Ряд металлических стёкол отличается очень высокой прочностью и твёрдостью. В аморфных сплавах на основе элементов подгруппы железа (Fe, Co, Ni) твёрдость HV может превышать 1000 ГН/м^2 , прочность – 4 ГН/ м^2 . Вместе с этим металлические стёкла обладают очень высокой вязкостью разрушения: например, энергия разрыва Fe80P13C7 составляет 110 кДж/ м^2 .

Закалка из жидкого состояния является основным способом получения металлических стёкол. Этот метод заключается в сверхбыстром охлаждении расплава, в результате которого он переходит в твёрдое состояние, избежав кристаллизации – структура материала остаётся практически такой же, как в жидком состоянии. Также были разработаны сплавы с малой критической скоростью охлаждения, что позволило создавать объёмные металлические стёкла.

Благодаря своим магнитным свойствам аморфные металлы используются при производстве магнитных экранов, считывающих головок аудио- и видеоманитофонов, устройств

записи и хранения информации в компьютерной технике, трансформаторов и других устройств.

Низкая зависимость сопротивления некоторых аморфных металлов от температуры позволяет использовать их в качестве эталонных резисторов.

В оборонной промышленности при производстве защитных бронированных ограждений используются прослойки из аморфных сплавов на основе алюминия для погашения энергии пробивающего снаряда за счет высокой вязкости разрушения таких прослоек.

УДК 621.785

Сравнительная характеристика методов борирования конструкционных и инструментальных сталей

Студентка гр. 104211 Яблонская И.В.
Научный руководитель – Щербаков В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из наиболее эффективных и распространенных способов поверхностного упрочнения металлопродукции является химико-термическая обработка (ХТО). Методы ХТО позволяют получать на поверхности весь спектр требуемых при эксплуатации изделий свойств: высокую твердость, коррозионную стойкость, износостойкость, жаростойкость и т.д. К перспективным методам ХТО относят процесс борирования [1 – 3].

В соответствии с этим классификационным признаком можно выделить три основных метода борирования: в твердых, жидких, газообразных средах. Борирование в обмазках (из паст) занимает промежуточное положение между борированием в твердых и жидких средах. В зависимости от состава обмазки, температуры процесса и способа нагрева этот способ борирования приближается к одному из них.

Классификация методов борирования:

1. Борирование в порошках в герметизируемых контейнерах

Из известных смесей [2] для борирования в порошках предпочтение следует отдать следующим смесям на основе карбида бора: 1) 100 % B_4C ; 2) 98,5...98 % B_4C + 1,5...2,0 % AlF_3 .

Насыщение проводят при температуре 900-1000°C в течение 2-6 ч. Длительность выдержки выбирают исходя из требуемой толщины боридного слоя. Как показывает опыт, для подавляющего большинства изделий боридный слой толщиной 80-150 мкм оказывается вполне достаточным. Длительность прогрева тигля устанавливается из расчета 30 мин на 100 мм сечения тигля. После истечения времени выдержки контейнеры выгружают из печи, охлаждают на воздухе и распаковывают. Для устранения припекания смеси к поверхности деталей рекомендуется их извлекать из контейнера при температуре не ниже 80°C.

2. Газовое борирование

В технологическом отношении процесс газового борирования подобен процессам газовой цементации или азотирования. Борируемые детали собирают, как правило, на специальных приспособлениях и загружают в реакционную камеру, нагретую до заданной температуры, после чего реактор герметизируя установку продувают (3-5 мин) инертным газом и создают избыточное давление (200-400 мм. рт. ст.) [4]. После достижения указанного давления через инжекторный смеситель в реактор подают борсодержащий газ. Наиболее часто для борирования применяют диборан и треххлористый бор, который разбавляют водородом, аргонном, очищенным азотом или аммиаком. Насыщение проводят при температурах 800–850°C. Время выдержки варьируется от 2 до 6 ч. При рекомендованных режимах борирования на углеродистых сталях формируется боридный слой толщиной 50-200 мкм. По окончании процесса борирования подачу борсодержащего газа прекращают, а газ-разбавитель пропускают через установку еще 5-10 мин. По истечении указанного времени давление в реакторе

уменьшают до атмосферного, прекращают подачу инертного газа, разгерметизируют установку и извлекают борированные детали.

3. Электролизное борирование

Электролизное борирование проводят на специальных установках, основными частями которых являются печь-ванна с металлическим тиглем, система питания постоянным током, система автоматического контроля и регулирования температуры.

Подготовленные к насыщению детали монтируют на специальных приспособлениях и подключают в цепь электролиза в качестве катода. Анодами служат графитовые (реже силиконовые) стержни. Режим процесса электролизного борирования выбирают в зависимости от требуемой толщины слоя. Электролизное борирование применяется преимущественно в массовом производстве при обработке однотипных изделий.

4. Жидкостное (безэлектролизное) борирование

Жидкостное (безэлектролизное) борирование можно проводить в любых печах-ваннах, обеспечивающих получение требуемой температуры. Обычно для этих целей применяют те же печи, что и для электролизного борирования.

В качестве насыщающих сред используют расплавы на основе боратов щелочных металлов (преимущественно $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), в которые добавляют электрохимические восстановители: химически активные элементы (Al, Si, Ti, Ca, Mn, B и др.) или ферросплавы, лигатуры и химические соединения на их основе - ферромарганец (ФМн95), силикомарганец (СМн17), силикоцирконий (СиЦр50), карбид бора (B_4C), карбид кремния (SiC), силикокальций (СК25). Наиболее рационально применение данного способа борирования в мелкосерийном и серийном производствах [4].

5. Борирование в обмазках (из паст)

Борирование в обмазках (из паст) целесообразно применять при упрочнении крупногабаритных изделий, а также при необходимости местного борирования. Развитие этого направления в борировании стимулируется также возможностью совмещения борирования с применяемыми на предприятиях режимами термической обработки упрочняемых деталей. Технология процесса борирования из паст предусматривает выполнение следующих операций: приготовление обмазки, подготовка упрочняемой поверхности к насыщению, нанесение и сушка обмазки, борирование деталей по заданному режиму, охлаждение и очистка деталей от пасты. После завершения режима насыщения детали охлаждают на воздухе или подвергают непосредственной закалке.

При сравнительной оценке (таблица 1) существующих методов борирования в первую очередь необходимо учитывать их технологические достоинства и недостатки, производительность (скорость насыщения) и стоимость (экономическую эффективность).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов борирования

№	Метод	Достоинства	Недостатки
1	Жидкостное борирование (безэлектролизное)	Технологическая простота, отсутствие специального оборудования	Повышенная вязкость применяемых расплавов по сравнению с чистой бупной
2	Электролизное борирование	Высокое качество боридных слоев, высокопроизводительно	Необходима специальная энергоемкая установка
3	Борирование в порошковых средах	Простота технологического оборудования, упрочнение изделий сложных форм, минимальная деформация при обработке	Наибольшие денежные затраты на порошковую смесь
4	Газовое борирование	Упрочнение изделий сложных форм	Взрывоопасен

Список использованных источников

1. Лахтин, Ю.М. Основы металловедения: учебник / Ю.М. Лахтин. – М.: Металлургия, 1988. – 320 с.
2. Лабунец, В.Ф. Износостойкие боридные покрытия: справочное пособие / В.Ф. Лабунец, Л.Г. Ворошнин, М.В. Киндрачук. – К.:Тэхника, 1989. – 158 с.
3. Бернштейн, М.Е. Металловедение и термическая обработка стали: перераб. и дополнено / М.Е. Бернштейн. -М.: Металлургия, 1991. – 472 с.
4. Ворошнин, Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов: справочное пособие / Л.Г. Ворошнин. – Минск: Беларусь, 1981. – 205 с.

УДК 621.794.42

Реактивы для травления микрошлифов

Студент гр.10405514 Пацеко Е.К.
Научный руководитель – Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для травления микрошлифов применяют большое количество различных реактивов. Основные реактивы для травления микрошлифов сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные реактивы для травления микрошлифов

Предназначение	Состав реактива
Выявление структуры сталей, в том числе после термической обработки, чугунов, магния	1–5 мл азотной кислоты, 100 мл этилового спирта (реактив Ржешотарского)
Определение структуры различных сталей, чугунов, ферросплавов	0,5–6 г пикриновой кислоты, 100 мл этилового спирта
Выявление структуры коррозионностойких сталей с высоким содержанием никеля и кобальта, а также структуры сплавов никеля	30 мл азотной кислоты, 20 мл уксусного ангидрида (реактив наносят ватным тампоном)
Определение структуры высокохромистых коррозионностойких сталей	3 мл азотной кислоты, 10 мл соляной кислоты, 100 мл этилового спирта
Выявление карбидов, вольфрамитов в сталях и структуры высоколегированных хромоникелевых сталей	10 г калиевой соли гексацианожелезной кислоты (красная кровяная соль), 10 г едкого калия, 100 мл дистиллированной воды (реактив Мураками)
Определение структуры никелевых и кобальтовых сплавов, коррозионностойких и жаропрочных сталей	20 г сернокислой меди, 100 мл соляной кислоты, 100 мл дистиллированной воды (реактив Марбле)
Выявление структуры меди и ее сплавов	5 мл хлорного железа, 10 мл соляной кислоты, 100 мл дистиллированной воды
Определение структуры титановых сплавов	5 мл плавиковой кислоты (48%-ной), 100 мл дистиллированной воды
Выявление структуры алюминиевых сплавов	0,5 мл плавиковой кислоты (48%-ной), 100 мл дистиллированной воды

Наиболее часто для черных металлов используют:

- 2–4%-ный раствор азотной кислоты в спирте;
- 3–4%-ный раствор пикриновой кислоты в этиловом спирте.

Продолжительность выдержки при травлении для разных сплавов и структур неодинакова.

При травлении поверхность микрошлифов большинства металлов теряет свой блеск, что свидетельствует о протекании процесса травления. На основании практического опыта по степени потускнения поверхности можно определять момент окончательного процесса травления.

Качество травления микрошлифов оценивают просмотром под микроскопом:

- 1) если структура выявлена неотчетливо, шлиф травят дополнительно;
- 2) если структура слишком затемнена, его снова полируют и травят;
- 3) если микрошлиф плохо травится и структура имеет искажения, значит поверхностный слой образца наклепан при отрезке или в процессе шлифования; наклеп снимается электрополированием или многократным поочередным полированием и травлением до получения нормальной травимости.

УДК 621.791.92

Восстановление внутренних поверхностей цилиндров методом лазерной наплавки

Студенты: гр. 10401112 Юркевич К.С., гр. 10405512 Нечай М.А.

Научный руководитель – Стефанович В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современном мире эксплуатируется огромное множество цилиндров различного назначения (гидро-, пневмо-, и т.д.), в различных отраслях промышленности и транспорта (от авиации до горнодобычи), различных размеров. В процессе эксплуатации все они рано или поздно получают коррозионные и иные повреждения поверхностей. Приходится менять цилиндры или ремонтировать, восстанавливая поврежденные поверхности. Менять дорого: постоянно растет стоимость металла, энергии, трудозатрат, а, следовательно, и стоимость приобретаемых цилиндров. Встает вопрос о ремонте, восстановлении. Но как? С наружными поверхностями проще: существуют различные методы наплавки, в том числе лазерная, не вносящая растягивающих напряжений; различные методы напыления – электродуговая металлизация, газодинамическое напыление, плазменное напыление и т.п. А как быть при повреждении внутренних поверхностей?

Восстановление цилиндров (особенно из высокопрочных легированных сталей) с наличием дефектов на внутренней поверхности традиционными методами наплавки и напыления затрудняется из-за отсутствия доступа к восстанавливаемой поверхности, образования горячих и холодных трещин, а также повышенной чувствительности этих сталей к концентраторам напряжений при статических и особенно динамических нагрузках.

Целью работ являлось восстановление лазерной наплавкой деталей авиатехники (цилиндров) изготовленных из стали 30ХГСА, имеющих дефекты внутренних поверхностей.

Работы проводились на цилиндрах из стали 30ХГСА (рисунок 1) с различного рода: точечными, локальными, сплошными (множественными) коррозионными поражениями внутренних поверхностей, полученных в условиях эксплуатации.



x50

Рисунок 1 – Общий вид наплавки

Результаты проведения исследования цилиндров из стали 30ХГСА с дефектами по внутреннему диаметру, устраненными лазерной наплавкой (рисунок 2 – 3).



х200

Рисунок 2 – Микроструктура образца



Рисунок 3 – График микротвердости образца с маркировкой 2

Сплошные множественные дефекты на внутренней поверхности цилиндра с маркировкой 2, заваренные и нешлифованные (рег. № 13344), также имеют многослойное строение, состоящее из закаленных и отпущенных зон. Микроструктура закаленных зон – троостомартенсит с микротвердостью 4000-4500 МПа, отпущенных – троостит с микротвердостью 3000-3400 МПа, средняя микротвердость основного металла 3500 МПа. Глубина заваренного множественного дефекта составляет 300 – 400 мкм. Присутствует зона отпуска глубиной 80 мкм со средней микротвердостью 3200 МПа. Пор и непроваров не наблюдается.

Из результатов исследований следует:

– микротвердость наплавки выше или сравнима с микротвердостью основы, структура наплавки (троостомартенсит и троостит) близка к структуре основы (троостит) или совпадает с ней, что позволяет говорить о получении наплавки с физико-механическими свойствами, практически совпадающими со свойствами материала основы;

– масса даже не очень больших деталей позволяет эффективно отводить тепло от лазерного излучения, позволяя не допустить зону отпуска в материале основы.

– полученная наплавка с чередующимися слоями должна хорошо работать на изгиб.

Учитывая данные, полученные в работах [1], [2], [3] по структуре наплавки и основы на данной стали, по микротвердости и работе на изгиб, по отсутствию зон разупрочнения основного металла, по напряжениям, можно сделать вывод, что цилиндры из стали 30ХГСА с внутренними поверхностями, восстановленными методом лазерной сварки, по своим эксплуатационным свойствам не уступают вновь изготовленным деталям и могут применяться для обеспечения работы авиатехники.

Список использованных источников

1. Юркевич, С.Н. Лазерная наплавка деталей из стали 30ХГСА без снижения физико-механических свойств материала основы / С.Н. Юркевич, В.Н. Мышковец, А.В. Максименко // Сварочное производство. – 2004. – №5.

2. Юркевич, С.Н. Лазерная наплавка на опорных поверхностях деталей из стали 30ХГСА / С.Н. Юркевич, А.В. Томашевич // Заготовительное производство в машиностроении. – 2005. – №3.

3. Юркевич, С.Н. Результаты проверки напряжений на деталях авиационной техники современными методами. Материалы 13-й Международной практической конференции-выставки «Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций», г. С-Петербург, 2012.

УДК 621.785

Влияние режима старения на механические свойства сплава Д16

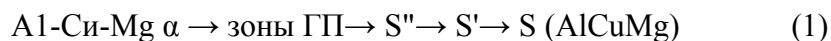
Студенты: гр.104211 Бульга Е.В., Пинчук В.А.
Научный руководитель – Стефанович В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Дюралюминии являются основной группой деформируемых термически упрочняемых алюминиевых сплавов, особенно широко применяемых в авиационной промышленности.

Сплав Д16 нагревают под закалку до температур, близких к солидусу. Интервал температур нагрева под закалку очень узкий (495–505 °С). При температурах ниже 495°С остаются нерастворенными значительные количества избыточных фаз Al_2CuMg и $CuAl_2$, при закалке получается недостаточно пересыщенный твердый раствор и упрочнение при старении оказывается низким. При температуре выше 502–505 °С возможен пережог - оплавление по границам зерен, ведущее к резкому падению механических свойств и появлению трещин по оплавленным границам под действием закалочных напряжений. Поэтому требуется точность регулировки температуры. Изделия из дюралюминов нагревают под закалку в печах с принудительной циркуляцией воздуха или в селитровых ваннах. Закалку проводят в горячей воде [1].

В пересыщенном и неустойчивом твердом растворе, полученном при закалке, происходят изменения, приводящие к дальнейшему упрочнению сплава. Процессы эти называются старением. Сущность процесса старения дюралюмина составляет, распад пересыщенного твердого раствора или подготовительные к распаду процессы.

Стадии распада пересыщенного раствора Д16 [2]:



Режимы старения:

1. Закалка и естественное старение: нагрев до $t = 500 \pm 5$ °С, быстрое охлаждение в воде; дальнейшее естественное старение (при $t = 20$ °С) в течение 7 суток. При естественном старении распада пересыщенного твердого раствора не происходит, а происходит лишь подготовка к распаду. В результате диффузии атомов Cu в решетке α - раствора образуются частички, обогащенные атомами Cu (до 50-55%), называемые зонами Гинье-Престона, они имеют форму «дисков» толщиной в несколько атомных слоев и диаметром порядка 50Å. Образование зон Гинье-Престона приводит к искажению решетки и возникновению больших внутренних напряжений, что и является причиной упрочнения.

2. Закалка и искусственное старение: нагрев до $t = 490 \pm 5$ °С, быстрое охлаждение в воде; дальнейшее искусственное старение (при $t = 190$ °С) в течении 12 часов. Процесс искусственного старения также начинается с образования зон Гинье-Престона. С повышением

температуры старения возникают зоны большего размера, каждой температуре старения соответствует свой устойчивый размер этих зон. Так, если для комнатной температуры устойчивыми зонами являются зоны с диаметром 50Å, то при 100°C устойчивыми зонами будут зоны с диаметром 200Å, при 150°C – 600Å, при 200°C-800Å. Затем, на базе зон Гинье-Престона возникает неустойчивая θ' – фаза с тетрагональной кристаллической решеткой, по составу близкая к химическому соединению CuAl_2 . С течением времени θ' – фаза превращается в θ – фазу, имеющую кубическую решетку.

3. Закалка и перестаривание: нагрев до $t = 485 \pm 5$ °C быстрое охлаждение в воде; дальнейшее старение (при $t = 250$ °C) в течении 12 часов. Применение перестаривающих режимов позволяет, повысить их конструктивную прочность – сочетание прочности и вязкости [3].

Значение механических свойств приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические и физические свойства листов из сплава Д16 на различных стадиях старения [4 – 5]

Режим старения	Стадии старения	σ_B	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$	$\delta, \%$	$1/\rho, \text{Мом/м}^2$
		Мпа				
В свежезакаленном состоянии	–	30	–	–	10	–
Естественное старение 60 суток	Преимущественно зонное	420	470	0,65	12	17,8
Искусственное старение при 190 °C 12 часов	Преимущественно фазовое	430	350	0,8		21,8
Искусственное старение при 250 °C 12 часов	Коагуляционное	420	290	0,7	9	23,8

Список использованных источников

1. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы / И.Н. Фридляндер. – М.: Металлургия, 1979. – 208 с.
2. Муратов, В.С. Формирование структуры и свойств цветных сплавов при термоупрочнении / В.С. Муратов, Е.А. Морозова. – М.: Машиностроение, 2006. – 320 с.
3. Алиева, С.Г. Промышленные алюминиевые сплавы: справочное пособие / С.Г. Алиева, М.Б. Альтман, С.М. Амбарцумян. – М.: Металлургия, 1984. – 528 с.
4. Беляев, А.И. Металловедение алюминия и его сплавов: справочное пособие / А.И. Беляев, О.С. Бочвар, Н.Н. Буйнов. – М.: Металлургия, 1983. – 280 с.
5. Ливанов, В.А. Алюминиевые сплавы. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: Справочное пособие / В.А. Ливанов. – М.: Машиностроение, 1974. 432 с.

УДК 621.763

Наноструктурированные материалы

Студенты гр. 10401112 Пиляева А.А., Заянчковская М.И., Юркевич К.С.
 Научный руководитель – Стефанович В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Наноструктурированный материал (наноматериал) – конденсированный материал, полностью или частично состоящий из структурных элементов (частиц, зерен, кристаллитов, волокон, прутков, слоев) с характерными размерами от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров, макроскопические свойства материала определяются размерами и взаимным расположением структурных элементов.

Нанотехнология – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

Свойства наноматериалов в значительной степени определяются характером распределения, формой и химическим составом кристаллитов (наноразмерных элементов), из которых они состоят. В связи с этим наноматериалы классифицируют на нанои изделия (нанопорошки, нановолокна, нанотрубки – размером не более 100 нм), микрои изделия (проволоки, ленты, фольги – размер не более 1..2 мм), массивные наноматериалы – размер более 1..2 мм (однофазные – стёкла, гели, пересыщенные твёрдые растворы; многофазные – сложные сплавы и керамики), композиты с компонентами из наноматериалов (с нанои изделиями, с микрои изделиями, со сложным сочетанием компонентов).

По форме кристаллитов наноматериалы можно разделить на слоистые (пластинчатые), волокнистые (столбчатые) и равноосные. Исходя из особенностей химического состава кристаллитов и их границ обычно выделяют четыре группы наноматериалов. К первой относят такие материалы, у которых химический состав кристаллитов и границ раздела одинаковы. Их называют также однофазными. Ко второй группе относят материалы, у которых состав кристаллитов различается, но границы являются идентичными по своему химическому составу. Третья группа включает наноматериалы, у которых как кристаллиты, так и границы имеют различный химический состав. Четвертую группу представляют наноматериалы, в которых наноразмерные выделения (частицы, волокна, слои) распределены в матрице, имеющей другой химический состав. К этой группе относятся в частности дисперсно-упрочненные материалы.

В качестве наглядного примера можно указать некоторые области применения наноматериалов. Наноструктурные объёмные материалы отличаются большей прочностью при статическом и усталостном нагружении, а также твердостью по сравнению с материалами с обычной величиной зерна. Поэтому основное направление их использования в настоящее время – это использование в качестве высокопрочных и износостойких материалов. Инструментальные сплавы с нанозерном являются более стойкими по сравнению с обычным структурным состоянием. Нанопорошки металлов с включениями карбидов используют в качестве шлифующего и полирующего материала. Добавление нанопорошков (подшихтовка) к обычным порошкам при производстве сталей и сплавов методами порошковой металлургии позволяет снижать пористость изделий, улучшать комплекс механических свойств. Проявление эффекта сверхпластичности в наноструктурных сплавах алюминия и титана делает перспективным их применение для изготовления деталей и изделий сложной формы и для использования в качестве соединительных слоев для сварки различных материалов в твердом состоянии.

**Машины
и технология
литейного
производства**

Эффективность модифицирования чугуна

Студенты гр. 10404114 Дегтяренко И.Д., Кадынцев С.А., Клинецов К.С.
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 способы получения чугуна с шаровидным графитом не обеспечивают длительного сохранения графитизирующего и сфероидизирующего эффекта. 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.

Основная цель графитизирующего модифицирования заключается в стимулировании выделения углеродсодержащих фаз, повышении устойчивости активных центров кристаллизации. 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.

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.

В настоящее время комплексные графитизирующие модификаторы на основе FeSi для того чтобы продлить эффективность действия модификаторов включают в себя такие элементы как Ba, Ca, Sr, Ti, Zr.

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.

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

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. На число включений шаровидного графита и увеличение продолжительности действия модификаторов положительное действие оказывает церий, который активно очищает расплав от элементов деглобуляризаторов.

Положительное влияние на эффект сфероидизирующего модифицирования оказывает увеличение концентрации РЗМ в модификаторах, которое вызывает значительное замедление скорости затухания эффекта модифицирования. Однако, обработка относительно чистых по вредным примесям расплавов, модификаторами с высоким содержанием РЗМ, по данным фирмы Elkem (Норвегия), приводит к чрезмерно быстрой демодификации расплава. Основным недостатком церия состоит в том, что даже незначительный его избыток, вследствие карбидо-стабилизирующего воздействия, сильно повышает вероятность образования отбела в чугунах. Оптимальное остаточное содержание церия после модифицирования составляет 0,004 – 0,008 %.

При вводе церия совместно с магнием ситуация зависит от соотношения вводимых присадок и содержания примесей в расплаве. Небольшие добавки церия преимущественно реагируют с серой, а присутствующий магний – с кислородом. Преимущественное взаимодействие магния с кислородом имеет место при всех присадках церия вплоть до тех, когда он полностью связывает серу. Аналогично кальцию добавки церия приводят к росту остаточной концентрации магния при постоянном его расходе. Микродобавки ферроцерия эффективны только при использовании основной или нейтральной футеровки.

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

В качестве шихтовых материалов лучше использовать передельные рафинированные чугуны с низким содержанием серы. При использовании шихтовых материалов с содержанием серы более 0,02% желательна десульфурация. Футеровку печи для выдержки высокопрочного чугуна рекомендуется выполнять из высокоглиноземистых огнеупоров, для того чтобы снизить влияние основного источника химических реакций, снижающих содержание магния в чугунах. Образующийся в результате обработки магнием шлак содержит в основном сульфиды и оксиды.

Большое количество применяемых для рафинирования реагентов и многообразие способов осуществления процесса не позволяет отдать предпочтение какому-либо одному из них, все зависит от характера решаемых задач и от конкретных условий его реализации.

При сливе металла в ковш и заливке литейных форм в результате контакта жидкого металла с воздухом и эжекции его потоком расплава происходит повторное окисление, жидкий чугун на 10 – 25% насыщается кислородом, при этом его активность повышается. Окисление потока, образование вторичных шлаков происходит также в процессе заполнения полости формы расплавом. Поэтому литниковая система должна обеспечивать спокойное заполнение формы, предотвращая окисление поверхности металла и попадание уже образовавшихся оксидных плен в отливку.

Изучение существующих способов модифицирования позволяет заключить, что наиболее перспективным способом продления сфероидизирующего эффекта при модифицировании является внутриформенное модифицирование, предельно уменьшающее время между модифицированием и кристаллизацией расплава.

При обработке расплава ЧШГ в реакционной камере, расположенной непосредственно в форме, модификатор контактирует с кислородом воздуха непродолжительное время лишь при заполнении свободного пространства камеры, которое составляет всего 2...3 % от объема расплава, после чего плавление и растворение происходит в практически безкислородной жидкометаллической среде. Наиболее полное усвоение Mg, стабильность процесса, минимальный расход модификаторов в период взаимодействия его с расплавом возможны при создании восстановительной атмосферы в реакционной камере. У чугуна, модифицированного в литейной форме, наблюдается повышенное количество центров графитизации и отсутствие или незначительное количество структурно-свободного цементита в микроструктуре, даже при низком содержании кремния. Наибольший эффект модифицирования проявля-

ется в первые 15 – 30 с после ввода модификатора в расплав. Модифицирование чугуна в форме, к сожалению, может применяться лишь как вспомогательное, вследствие неравномерного растворения модификатора в процессе заливки формы, приводящего к анизотропии свойств чугуна в отливке.

УДК 621.745.551

Применение ультрадисперсных материалов в качестве модификаторов для железоуглеродистых сплавов

Соискатель Куликов С.А.

Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В последнее время в различных отраслях, в том числе и в литейном производстве, стали широко применять термины «наноматериалы» и «нанотехнологии». Использование терминов является жесткой необходимостью внедрения перспективных технологий модифицирования и доводки расплавов. Очевидно, что существующие технологии исчерпали ресурс эффективности. Подтверждением тому является предложение ряда новых модификаторов для чугуна от различных компаний. Основой новых модифицирующих комплексов, как и предлагаемых ранее является ферросилиций с добавками Al, Ba, Ca, PЗМ и пр.

Причина тому – отсутствие прорывной, фундаментально новой технологии доводки расплавов. Уже недостаточно просто выдать качественный расплав и отливку без дефектов. Сейчас необходимо гарантировать равномерность свойств, невзирая на среднюю толщину стенки, необходимо обеспечить гарантированное получение высокопрочного чугуна с шаровидным графитом с полностью ферритной матрицей, без термообработки, разумеется. И это с минимальными изменениями технологии.

Решение таких сложных задач требует применения не только зарекомендовавших себя технологических приемов, но и поиска новых материалов. Их использование – один из перспективных путей внедрения новой технологии внепечной обработки. Ультрадисперсные материалы (УДМ) – это наноразмерные порошки оксидов, боридов и др, с размером частиц 10-100 нм. Морфология частиц может быть различной: зерна, гранулы, волокна и т. п., форма шаровидной или близкой к ней.

В производстве используют несколько путей получения подобных материалов. Механический – непосредственное измельчение более крупной фракции до частиц требуемого размера. Данный способ пригоден для приготовления модификаторов, «замутняющих» расплав, увеличивая количество центров кристаллизации. Достоинством такого метода можно считать простоту исполнения и невысокую стоимость конечного продукта. Однако такой метод не позволяет получить частицы заданной структуры и свойств. Для обеспечения заданной структуры и морфологии частиц применяют химические способы получения УДМ.

С каждым годом таких методик все больше, но основные способы это: осаждение из растворов, формирование порошков из гелей, синтез в водных растворах и микроэмульсиях, скоростная солидификация из перемешанных растворов. Так же к этому можно добавить термолиз, плазмохимический способ и др.

УДМ уже занимают определенную нишу в области приготовления противопригарных красок, однако применение во вторичном модифицировании сдерживается. Причиной тому является тот факт, что кинетически термодеструкция столь малых частиц в расплаве гораздо более вероятно, чем их усвоение. Этим обусловлено применение УДМ в виде тугоплавких соединений, к примеру, карбида титана. Однако попытки применения таких материалов есть и в твердосплавном спекании и непосредственно при доводке расплава. Очевидно, что введение УДМ в расплав является перспективной технологией, вопрос лишь в нахождении при-

емлемого способа ввода таких частиц. И применили УДМ на основе TiC для получения необходимой структуры мелющих шаров, при этом УДМ был получен плазмохимическим способом с последующим плакированием частиц.

Для обеспечения защиты УДМ от выгорания рекомендуют применять таблетирование, метод погружных блоков, метод порошковой проволоки и т.п.

УДК 621.745.551

Анализ современных теорий образования шаровидного графита в высокопрочных чугунах

Соискатель Куликов С.А.,
студенты гр. 10404112 Тонкович А.А., Воронин Р.И.
Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Несмотря на определенные достижения, в настоящее время в теории литейных процессов существуют темы, являющиеся дискуссионными до сих пор. Высокопрочный чугун, к сожалению, не является исключением. Этот превосходный конструкционный материал, открытый еще в 40-ых годах 20 века, изучен недостаточно. Инженерам и ученым предстоит дать ответ на ряд вопросов, решение которых станет фундаментальным прорывом в литейном деле:

1. Каково действие модификатора? Почему один элемент работает как сфероидизатор, а другой препятствует образованию шаровидного графита?

2. Почему модифицирующий эффект пропадает со временем?

3. Каков механизм зарождения и роста шаровидного графита?

В докладе производится попытка систематизировать существующие на сегодняшний день теории образования шаровидного графита. Указываются как достоинства теорий, так и их недостатки.

Началом изучения процессов кристаллизации сталей и чугунов является попытка анализа перехода от жидкого состояния к кристаллическому. Все авторы работ [1, 2] сходятся во мнении, что жидкое состояние отличается от кристаллического наличием ближнего порядка и отсутствием дальнего. По сути, процесс плавления и заключается в переходе от дальнего порядка к ближнему, а кристаллизации – наоборот. Образование частичек твердой фазы – зародышей, рассматривается и анализируется с точки зрения принципов и подходов, разработанных еще в кристаллографии Гиббсом. Этот принцип более пригоден для процессов выращивания кристаллов при осаждении из газовой среды и неприемлем для расплавов. Зарождение кристаллической фазы может быть как «свободное» - самопроизвольное в гомогенном растворе, так и «вынужденное» – под действием примесей. Последние могут быть «активированы» различными поверхностно-активными элементами (ПАЭ) и из инертных стать активными центрами зарождения. Как подытожил Баландин [1], современные теории не подразумевают самопроизвольного зарождения фаз и роль переохлаждения (реже) и примесей (гораздо чаще) сводится к ключевой. К сожалению цельной единой теории кристаллизации расплавов, так и не разработано по сей день. Принцип действия отдельных элементов излагается по-разному.

К наиболее распространенным на сегодняшний день, следует отнести теории «пузырьков», неметаллических включений, теорию фуллеренов и фракталов. Повсеместно в литературе встречаются смешанные теории, которые включают в себя несколько других. Так теория фуллеренов настолько тесно связана с кластерными теориями, что зачастую различить их становится достаточно сложно. К недостатку теорий следует отнести неспособность объяснить некоторые экспериментальные факты. Так теория «пузырьков» великолепно сочетается с температурой кипения магния и формой шаровидного графита, однако никак не объ-

ясняет существование вермикулярного графита, эффект перемодифицирования и т.п. Однако рациональное зерно присутствует в каждой теории.

Из вышеизложенного следует, что при исследовании механизма кристаллизации любых сплавов, в том числе серых и высокопрочных чугунов, следует избирательно подходить к анализу литературных сведений, учитывая особенности проведения экспериментов и комплексность влияния различных факторов.

Список использованных источников

1. Баландин, Г.Ф. Формирование кристаллического строения отливок / Г.Ф. Баландин. – М. Машиностроение, 1973.
2. Куманин, И.Б. Вопросы теории литейных процессов. учеб. пособие / И.Б. Куманин – М. Машиностроение, 1976.

УДК 621.746

Изготовление отливок в металлических формах. Расчет вентиляции формы

Студенты гр. 10404113 Каменец М.В., Михайлов И.
 Научный руководитель – Матюшинец Т.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Важнейшим этапом проектирования технологии получения кокильной отливки является выбор и расчет вентиляционных каналов металлической формы, позволяющих снизить содержание газовой фазы в металле.

Исходными данными для моделирования являются теплофизические свойства материала отливки и формы, трехмерная конструкция отливки и литниковой системы, начальные температуры металла и формы.

Данные по температурным и скоростным полям металла и формы, а также положению фронта движущегося расплава, в различные моменты времени заполнения формы, полученные в результате компьютерного моделирования, компонуется в виде таблиц данных и являются исходными данными для расчета сечения вентиляционных каналов.

На втором этапе расчета по таблицам данных полученных на этапе 1, проводится расчет сечения вентиляционных каналов для каждого момента времени процесса заполнения полости формы расплавом.

Решается система уравнений:

$$R_g = [8\mu_T a X_g / (\pi N_g)]^{1/4}, \quad (1)$$

$$a = d\Omega \left(p_1 + \frac{P_{1H}}{R_{омл}} \int_0^{x_2} q_{y\partial} dx \right) / [dt \cdot (p_1 - p_{1H}) \cdot p_1], \quad (2)$$

$$p_1 = \frac{P_{1H} V_{1H} T_1}{T_{1H} V_1} - \pi R_g^2 \cdot t \sqrt{2\rho_{1H} V_{1H} R^2 T_1^2 \left(\frac{P_{1H} V_{1H}}{V_1^4} - \frac{P_{cp}}{V_1^3} \right)}, \quad (3)$$

Расчет вентиляционных каналов металлической формы производится пошагово, в связи с тем, что давление газа в полости формы не является постоянным в течение всего процесса заполнения формы, а меняется в зависимости от конфигурации отливки, температуры металла, скорости изменения свободной поверхности расплава. Расчет осуществляется во временном интервале от момента начала поступления металла в форму до окончания заполнения формы. Параметры для расчета принимаются в каждом случае соответствующие данному моменту времени заполнения формы из таблиц данных.

По итогам визуализации результатов математического моделирования заполнения полости формы расплавом были выделены места установки вентиляционных каналов, а также сформирована таблица данных (для 10 циклов расчета).

Таблица 1 – Данные системы математического моделирования для расчета сечения вентиляционных каналов

Шаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T_1, K	523	545,717	559,926	576,359	595,769	619,369	649,268	689,648	750,738	871,011
V_1, M^3	0,00018	0,00015	0,00012	0,0001	0,00008	0,00006	0,00004	0,00002	0,00001	0
$p_1, H/M^2$	11589,4	12680,4	14031,4	15756,2	18050,9	21289,2	26294,9	35390,3	59533,3	10000
$R_{отл}(t), мм$	12,3612	11,7431	11,2487	11,0015	10,507	10,2598	10,0126	9,7653	9,2709	8,6528
$\Omega(t), M^3$	0,00003	0,00003	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001

В результате решения системы уравнений (1), (2) и (3) с учетом исходных данных получаем следующие значения для радиуса вентиляционных каналов (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетное значение радиуса вентиляционных каналов для каждого шага

Шаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_B, мм$	0,5172	0,5534	0,6296	0,6854	0,7557	0,8324	0,9418	2,1364	5,1494	0,5368

Выбираем из расчетных оптимальное сечение вентиляционных каналов. В нашем случае максимальное значение радиуса вентиляционных каналов на 9-ом шаге расчета и составляет 5,15 мм.

Использование САЕ-системы для моделирования позволяет производить расчеты вентиляционных каналов, для каждой отливки индивидуально учитывая как конфигурацию самой отливки, так и геометрию литниковой системы.

УДК 621.745

Перспективные направления повышения качества жидкостекольных формовочных и стержневых смесей

Студенты: гр. 10404112 Сергиевич А.В., гр. 104311 Кравчук А.Е.,
гр. 10404114 Скворцов А.А.

Научный руководитель – Гуминский Ю.Ю.
Белорусский Национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в литейных цехах обострилась экологическая обстановка. Это связано в первую очередь с предпочтительным применением смоляных связующих для приготовления формовочных и стержневых смесей. Поэтому сейчас ведутся поиски более экологически безопасных заменителей смоляных связующих.

Одним из направлений улучшения экологии на литейных предприятиях, является возобновление использования жидкостекольных смесей, предварительно избавившись от недостатков, какими они обладают.

Впервые жидкое стекло в литейном производстве было применено в 40-х годах прошлого века в Чехословакии. В нашей стране применение, жидкого стекла в качестве связующего для смесей практически началось с 1949 г.

Широкое распространение жидкостекольные смеси получили в мелкосерийном и индивидуальном производстве на предприятиях энергетического и транспортного машиностроения.

Известно, что к связующим материалам, используемым в литейном производстве, предъявляются повышенные требования по обеспечению прочности форм и стержней, необ-

ходимой для выполнения технологических операций, а также способности противостоять тепловому и силовому воздействиям горячего металла. Наиболее полно данным требованиям удовлетворяет жидкое стекло. Кроме того жидкие стекла отличаются низкой стоимостью, доступностью и хорошими экологическими показателями.

Однако из-за недостатков, которыми обладают жидкие стекла, как связующие, применение жидкостекольных смесей было сильно сокращено. К ним относятся, большая хрупкость, большим количеством ввода жидкого стекла в смесь, затрудненной выбивкой, а так же дорогостоящей регенерацией.

По определению жидкое стекло – это коллоидный раствор силиката натрия. Общий состав жидкого стекла может быть представлен формулой:



где m – число молекул SiO_2 , приходящихся на одну молекулу Na_2O ;

n – число молекул H_2O , приходящихся на одну молекулу Na_2O .

Упрочнение жидкостекольных смесей происходит при дегидратации (тепловая сушка, ЖСС) и при взаимодействии с отвердителями (CO_2 -процесс). Раствор жидкого стекла, являясь коллоидным раствором, способен терять влагу с образованием геля. Это вызывает увеличение вязкости раствора и упрочнение коллоидной системы. Следовательно, для придания прочности жидкостекольной смеси необходимо удалить из нее влагу.

Для улучшения качества жидкостекольных смесей ведутся научные исследования в направлениях модифицирования наноматериалами жидкостекольного связующего и обработки вакуумом при отверждении жидкостекольных смесей.

Наноматериалы обладают большой удельной поверхностью и высокой химической активностью. Есть предположения, что за счет этих свойств, возможно, заменить точечные контакты между глобулами жидкого стекла на поверхностные. Так же есть предположение, что за счет высокой химической активности нанопорошков, можно добиться модифицирования жидкого стекла как связующего, без применения автоклавов

Нанопорошки – это материалы, измельченные до наноразмера (20 – 100 нм). Размер же глобул силикагеля на порядок больше. Поэтому можно предположить, что частицы нанопорошка расположатся в межглобулярном пространстве, а так же именно благодаря наноразмеру видится перспективным использовать в качестве модификаторов наноматериалы.

Наноструктурированный материал, способный химически реагировать с глобулами может образовывать свои дополнительные мостиковые связи.

Благодаря введению в структуру жидкостекольного связующего наноматериалов станет возможным будет изменять свойства жидкого стекла, которые впоследствии позволят снижать процентное содержание его в формовочных и стержневых смесях и приведут к улучшению выбиваемости жидкостекольных стержней и отливок.

Вакуум так же позволяет улучшать прочностные свойства жидкостекольных смесей, что позволяет снижать содержание связующего смеси от 5 – 9%, до 2 – 3%. Возможно это происходит за счет более равномерного распределения связующего по объему смеси или в следствии плотной упаковке глобул силикагеля. Так же по предварительным результатам уже были получены образцы жидкостекольных смесей отверждаемые при воздействии вакуума, обладающие улучшенной выбиваемостью. Работа затрачиваемая на выбивку таких стержней меньше в 5 – 7 раз, чем при аналогичных составах жидкостекольных смесей отверждаемых по CO_2 -процессу.

Жидкостекольные смеси имеют ряд преимуществ перед другими видами смесей. Основными, которые можно выделить – это высокая экологичность и низкая стоимость связующего. Но на ряду, с преимуществами жидкое стекло имеет и определенные недостатки, основные из которых: высокая хрупкость пленки и затрудненная выбиваемость стержней из

отливки. Поэтому является целесообразным искать методы совершенствования жидкостекляных смесей и самого жидкого стекла как связующего.

УДК 621.81

Использование языка программирования C++ для кинематического расчета привода ленточного конвейера

Студенты: гр. 10404115 Русевич О.А., гр. 10404213 Шишпор К.Д.,
 Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Кинематическая схема привода ленточного конвейера представлена на рисунке 1. Целью расчета является выбор электродвигателя и определение передаточных чисел ременной и зубчатой передач. Исходные данные для примера расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Тяговая сила ленты F, кН	Скорость ленты v, м/с	Диаметр барабана D, мм	Допускаемое отклонение скорости барабана, δ , %
2,2	1,1	250	6

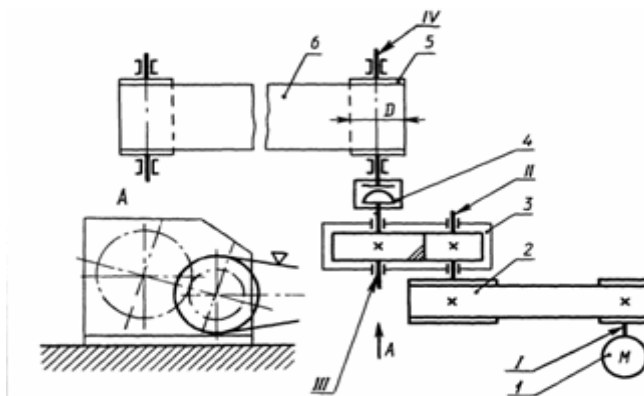


Рисунок 1 – Кинематическая схема ленточного конвейера:

- 1 – двигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – цилиндрический редуктор;
 4 – упругая муфта с торообразной оболочкой; 5 – барабан; 6 – ленты конвейера
 I, II, III, IV – валы, соответственно, – двигатели, быстроходный и тихоходный редукторы, рабочей машины

В соответствии с методикой расчета вначале необходимо найти мощность P_{pm} , требуемую для перемещения ленты конвейера с тяговой силой F и скоростью v по формуле:

$$P_{pm} = F \cdot v, \text{ кВт}$$

Требуемая мощность электродвигателя определится из выражения:

$$P_{ов} = \frac{P_{pm}}{\eta}, \text{ кВт}$$

где η – общий КПД привода.

Значения КПД механических передач можно найти в справочной литературе, например в таблице 2,2 [1]. Общий КПД привода η определяется, как произведение коэффициентов полезного действия зубчатой и клиноременной передач.

Далее следует по таблице 2.1 [1] выбрать электродвигатель с номинальной мощностью $P_{ном}$ с учетом условия $P_{дв} \leq P_{ном}$. Возможен выбор из четырех вариантов электродвигателей одинаковой номинальной мощности, но с разной номинальной частота вращения вала. Для выбора оптимального варианта вначале нужно определить частоту вращения барабана конвейера по формуле:

$$n_{рм} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$$

Далее определяется общее передаточное число привода для каждого из четырех вариантов по формуле:

$$u = \frac{n_{ном}}{n_{рм}};$$

Затем в соответствии с рекомендациями [1] можно при постоянном $u_{зп}$ (например, $u_{зп} = 2,5$ разбить общее передаточное число привода на передаточные числа закрытой $u_{зп}$ и открытой $u_{он}$ передач по формуле:

$$u_{он} = \frac{u}{u_{зп}};$$

В результате расчетов получится 4 варианта передаточных чисел открытой передачи, из которых выбирается наиболее приемлемый для данного конкретного привода, например, в соответствии с рекомендациями [2], а также и электродвигатель с соответствующей номинальной частотой вращения вала. Для кинематического расчета по данной методике была разработана программа. Результаты расчетов в соответствии с исходными данными (таблица 1) представлены на рисунке 2.

```

Введите исходные данные
Тяговая сила ленты, F, кН: 2.4
Скорость ленты, v, м/с: 1.2
Диаметр барабана, D, мм: 250
Допустимое отклонение скорости ленты, %: 3
Срок службы, лет: 7
Рабочий ресурс составляет: 2.91e+004 ч.
Расчитанной мощности, Pдв = 3.32 соответствует 4 типа двигателей:
100S: Pном – 4.0 кВт; Частота оборотов – 3e+003; Передаточное число
соответствующей открытой передачи – 13.1;
100L: Pном – 4.0 кВт; Частота оборотов – 1.5e+003; Передаточное число
соответствующей открытой передачи – 6.54;
112MA: Pном – 4.0 кВт; Частота оборотов – 1e+003; Передаточное число
соответствующей открытой передачи – 3.27;
132S: Pном – 4.0 кВт; Частота оборотов – 750; Передаточное число
соответствующей открытой передачи – 3.27;
Выберите двигатель: 112MA
Выбран двигатель: 112MA
Номинальная частота вращения: 1e+003 об/мин
Номинальная мощность Pном – 4 кВт
Передаточное число привода u: 10,9
Передаточное число закрытой передачи Uзп: 2.5
Передаточное число открытой передачи Uоп: 4.23
Повторить? (y/n)
-
    
```

Рисунок 2 – Пример использования программы

Список использованных источников

1. Шейнблит, А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие. Изд-е 2-е, перераб. и дополн. / А.Е. Шейнблит. Калининград, «Высшая школа», 1999. – 454 с.
2. Проектирование механических передач / С. А Чернавский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976. – 608 с.

УДК 621.531

Использование программы КОМПАС-3D LT для кинематического анализа рычажного механизма графоаналитическим способом

Студенты: гр. 10404213 Шишпор К.Д., гр. 10404115 Русевич О.А.
Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

КОМПАС-3D LT является бесплатной упрощенной версией программы КОМПАС-3D предназначенная для использования в школах, кружках, а также в личных образовательных целях.

Целью кинематического анализа механизма является определение ускорений центров масс и угловых ускорений звеньев в нескольких положениях ведущего звена.

Кинематическому анализу предшествует построение нескольких совмещенных планов механизма (рисунок 1).

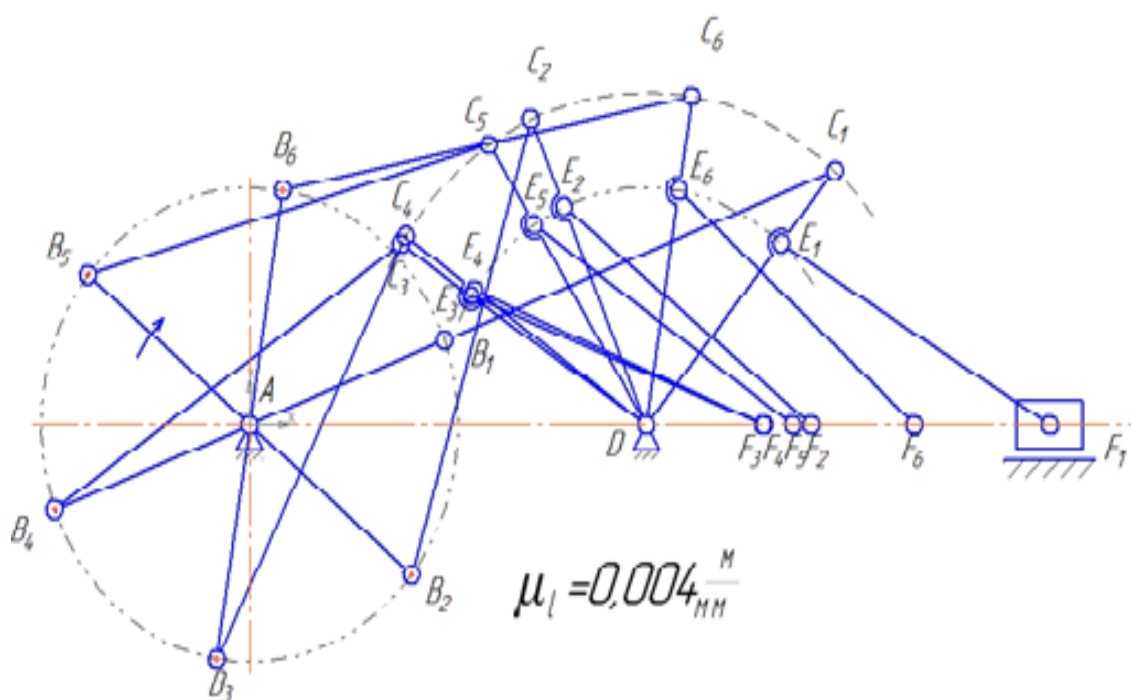


Рисунок 1 – Совмещенные планы

Построение планов скоростей и ускорений обычно выполняют для каждого из положений механизма. Инструментарий КОМПАС-3D LT позволяет выполнить эти построения с высокой точностью.

На рисунке 2 представлен план механизма в пятом положении ведущего звена, а также планы скоростей и ускорений для исходных данных, представленных в работе [1].

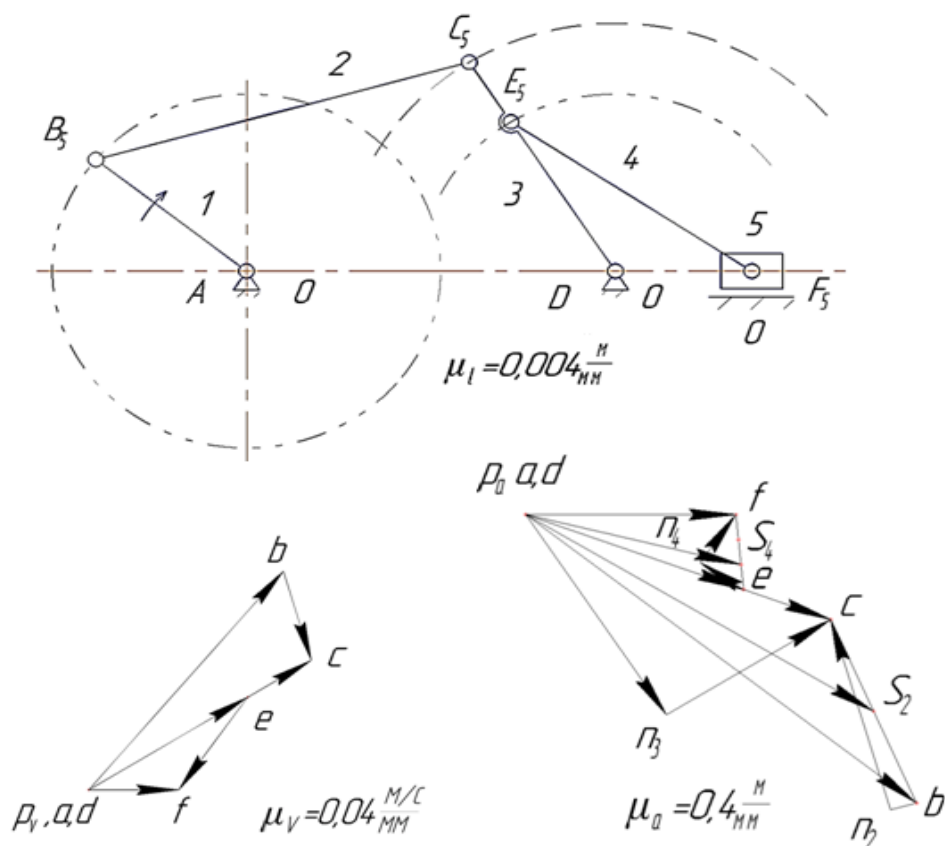


Рисунок 2 – Планы скоростей и ускорений

Список использованных источников

1. Буйневич, Ф.А. Использование КОМПАС-3D V14 для построения планов механизма / Ф.А. Буйневич, Н.В. Базылев, К.Д. Шишпор // Новые материалы и технологии их обработки: материалы XVI Респ. студ. научн-техн. конф., Минск, 22-24 апреля 2015 г. / Белорус. нац. техн. у-нт : редкол. : И.А.Иванов [и др.]. – Минск, 2015. – С. 98-99.

УДК 621.531

Использование программы КОМПАС-3D LT для силового анализа рычажного механизма графоаналитическим способом

Студент гр. 10404213 Шишпор К.Д.
 Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

КОМПАС-3D LT является бесплатной упрощенной версией программы КОМПАС-3D. Программа предназначена для использования в личных образовательных целях и может быть успешно использована для силового анализа плоских рычажных механизмов.

Задачей кинетостатического (силового) анализа является определение реакций в кинематических парах механизма и внешнего уравновешивающего момента сил, приложенного к входному звену. При силовом анализе механизмов используют принцип кинетостатики, в соответствии с которым, для нахождения реакций в кинематических парах можно использовать уравнения равновесия статики, если к внешним силам, действующим на звенья механизма, прибавить силы инерции.

Кинестатическому анализу предшествует кинематический анализ механизма для исходных данных [1], на основании которого выбирается одно из положений механизма, в котором выходное звено имеет ускорение близкое к максимальному (например, положение 5).

Для определения направления угловых ускорений звеньев 2 и 5 нужно мысленно перенести с плана ускорений (рисунок 1) векторы тангенциальных составляющей ускорений в точки С и F на плане механизма. Угловые ускорения ε_2 и ε_4 будут направлены против хода часовой стрелки.

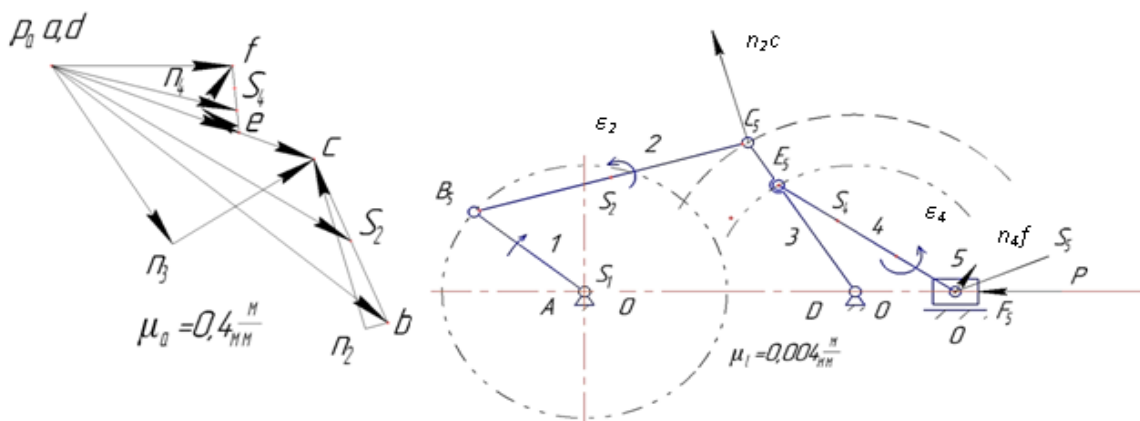


Рисунок 1 – Направления угловых ускорений звеньев 2 и 5

Силовой анализ механизма производят в последовательности, обратной последовательности исследования его кинематики. Простейшими кинематическими цепями, обладающими кинестатической определенностью, являются структурные группы Ассур. Силовой анализ производят по группам Ассур, начиная с последней, включающей в себя выходное звено.

В данном случае, это группа Ассур второго класса второго вида, состоящая из шатуна 4 и ползуна 5. К звеньям группы должны быть приложены все силы и моменты вращения, а также реакции во внешних кинематических парах группы, которые обычно представляют в виде нормальной и тангенциальной составляющих. После определения аналитическим путём тангенциальной составляющей R_{34}^T , остальные неизвестные векторы R_{34}^n и R_{05} определяются графически из плана сил (рисунок 2).

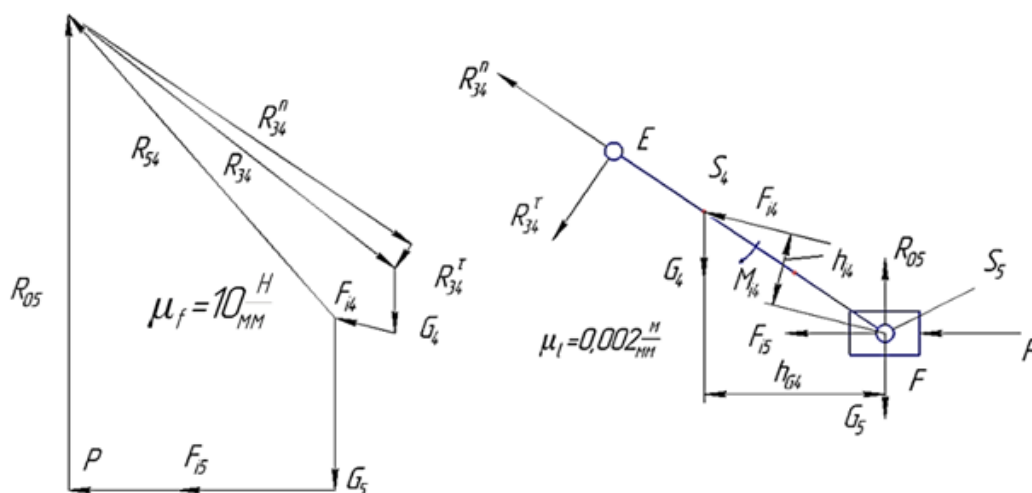


Рисунок 2 – План сил для группы Ассур 4-5

Аналогично определяются силы и для второй группы Ассура (рисунок 3).

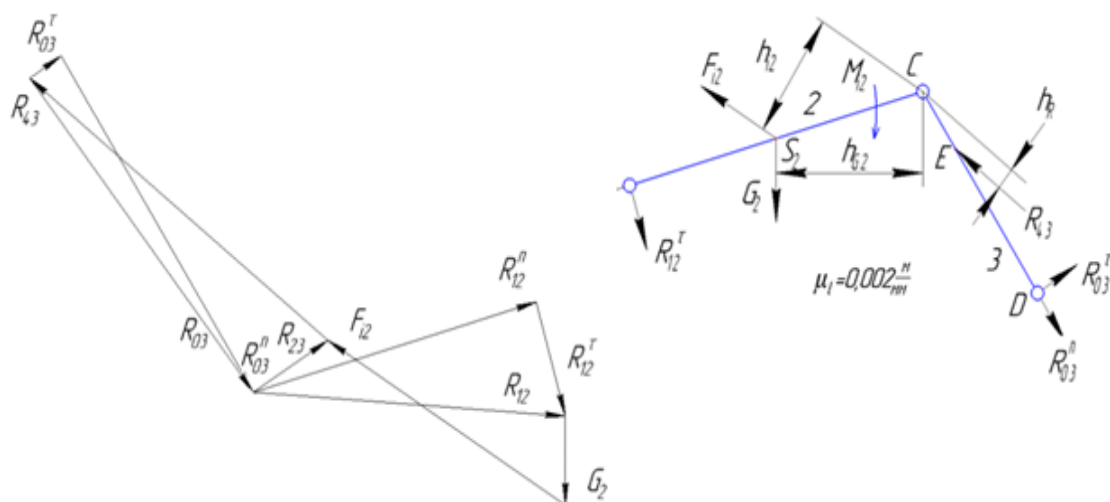


Рисунок 3 – План сил для группы Ассура 2-3

Силовой анализ завершается определением уравновешивающего момента приложенного к ведущему звену 1 (рисунок 4). Для этого в точке B звена 1 прикладывается реакция R_{21} и затем умножается на плечо H_{21} с учетом масштабного коэффициента длины.

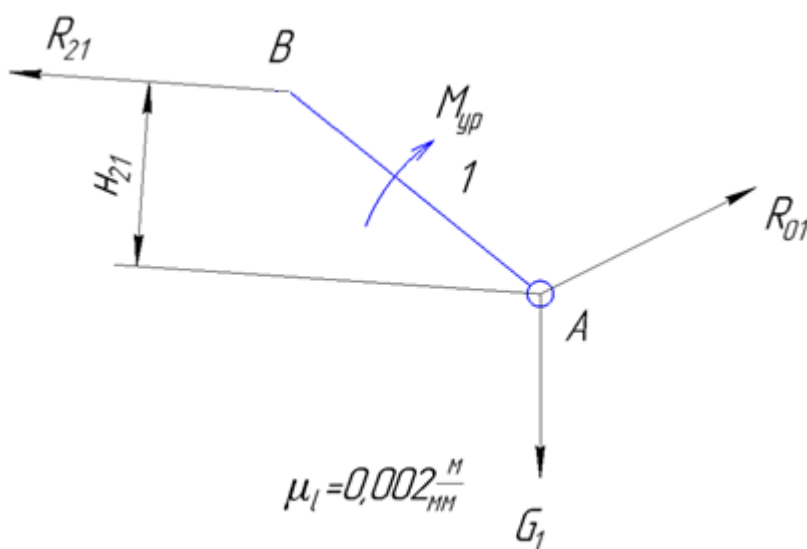


Рисунок 4 – Ведущее звено механизма

Список использованных источников

1. Буйневич, Ф.А. Использование КОМПАС-3D V14 для построения планов механизма / Ф.А. Буйневич, Н.В. Базылев, К.Д. Шишпор // Новые материалы и технологии их обработки: материалы XVI Респ. студ. научн-техн. конф., Минск, 22-24 апреля 2015 г. / Белорус. нац. техн. у-нт : редкол. : И.А.Иванов [и др.]. – Минск, 2015. – С. 98 – 99.

**Машины
и технология
обработки
металлов давлением**

Получение композиционного антифрикционного материала с последующим газопламенным напылением фторопласта-4

Студенты гр. 10402112 Леонов Р.А., Ясюкович Е.В., Хведчук Н.С., Осадчий М.С.
Научный руководитель – Белый А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Пористые антифрикционные материалы (пористость 12 – 15 %), широко применяющиеся для изготовления подшипников скольжения и представляют собой пористую основу, пропитанную смазкой. Отличительной особенностью является наличие равномерной объемной пористости, которая позволяет получать требуемые эксплуатационные свойства. Смазка поступает из пор на поверхность, и подшипник становится самосмазывающимся, не требуется подводить смазку извне. Это существенно для чистых производств (пищевая, фармацевтическая отрасли и т.д.). Такие подшипники почти не изнашивают поверхность вала, шум в 3...4 раза меньше, чем от шариковых подшипников [1].

Данные антифрикционные материалы работают при скоростях трения до 6 м/с и при нагрузках до 600 МПа. При меньших нагрузках скорости скольжения могут достигать 20...30 м/с. Коэффициент трения подшипников – 0,04 – 0,06.

Также применяют металлопластмассовые антифрикционные материалы: спеченные бронзографиты, титан, нержавеющие стали пропитанные фторопластом.

Фторопласт имеет низкий коэффициент трения (коэффициент трения фторопласта-4 составляет 0,03–0,05). Он обладает высокой химической стойкостью, способен работать в диапазоне температур от –250°С до 300°С [1]. Несмотря на это, фторопласт в чистом виде применяют весьма редко. Это объясняется его низкой прочностью и небольшой твердостью, что в свою очередь приводит при трении к деформированию его поверхностных слоев. В результате деталь изнашивается достаточно быстро. Срок службы металлопластмассовых материалов вдвое больше, чем материалов из чистых пластмасс.

Однако, процесс пропитки пористых материалов фторопластами весьма сложен и включает:

- вакуумирование деталей не менее 1 ч.;
- вакуумирование суспензии;
- подача суспензии после вакуумирования в сосуд, где проводят пропитку;
- повышение давления;
- выдержка деталей, залитых суспензией, под давлением;
- снижение давления в сосуде, где проводят пропитку, до атмосферного;
- промывка деталей дистиллированной водой.

В свою очередь, предложенный метод отличается простотой реализации и не требует наличия специализированного оборудования.

Антифрикционный порошковый слой на пластину наносили методом свободной насыпки и подвергали спеканию в защитно-восстановительной атмосфере эндогаза при температуре 750 – 780 °С, в течении 50-60 мин, после этого проводили прокатку на прокатном стане Kalmag (диаметр бочки валков – 200 мм, скорость вращения – 3 об/мин, наибольшее 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 %, обеспечивающую максимальные триботехнические свойства за счет оптимального заполнения смазкой пористого антифрикционного слоя.

Напыляемый материал (фторопласт-4) в виде порошка вдувается в пламя горелки; при этом его частицы нагреваются до расплавленного состояния. Попадая на подготовленную

поверхность, эти частицы сцепляются с ней, образуя плотную пленку, а также проникают в поры.

Для порошкового напыления применялся аппарат УПН-6-63 – для напыления легкоплавких покрытий [2].

При нанесении покрытия основным фактором, влияющим на его качество, является тепловой режим процесса. Мощность пламени, подачу порошка, расстояние горелки от поверхности (обычно 150-200 мм) и скорость перемещения горелки следует подбирать так, чтобы наносимые на поверхность частицы порошка плавилась и, сливаясь вместе, образовывали бы сплошной слой покрытия. Если частицы на поверхности оплавились не полностью, необходимо этот участок слегка подогреть пламенем горелки без подачи порошка для полного оплавления слоя.

Фрактограммы хрупких изломов полученных образцов изучали на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU (Чехия).

Проведенные исследования показали, что 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 смазкой (фторопласт-4).

Дальнейшая работа направлена на изучение триботехнических свойств полученного материала и отработку технологии формирования готового изделия.

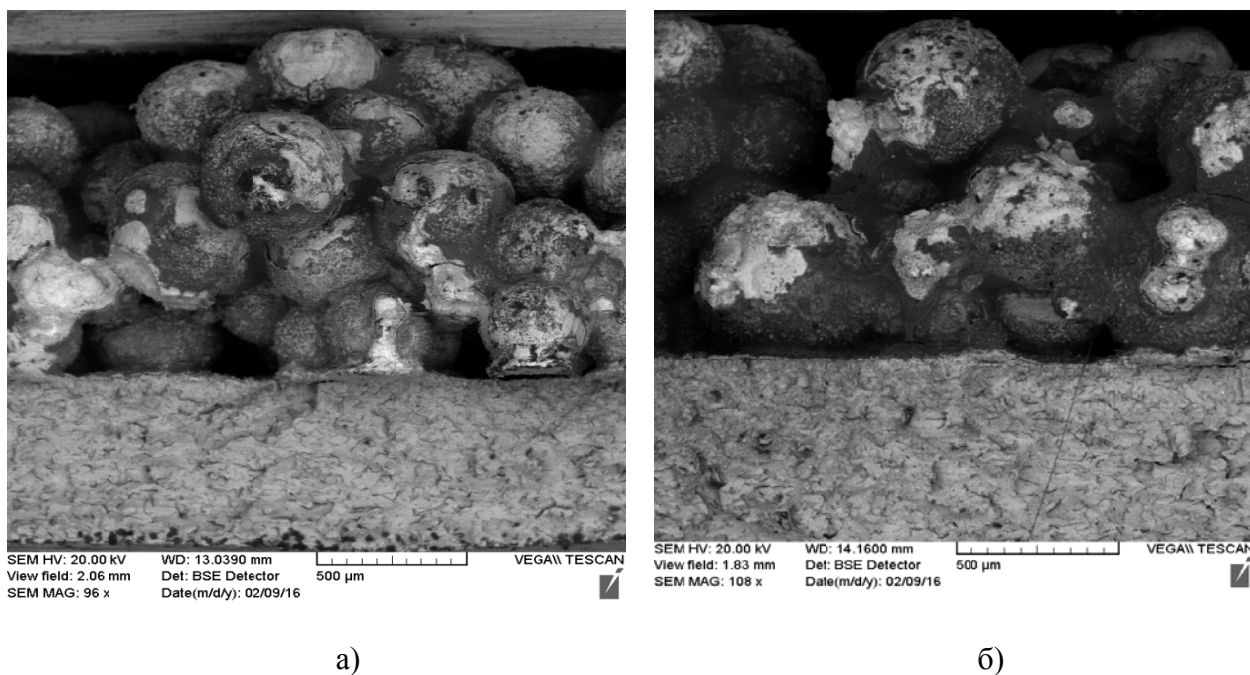


Рисунок 1 – Фрактограмма излома двухслойного материала сталь Ст.3 – порошковый слой из БрО10Ф1 после пропитки фторопластом (× 100)

Список использованных источников

1. Материалы для узлов трения [Электронный ресурс] // А. Третьяков. Полимеры-Деньги. – Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=1858 – Дата доступа: 12.03.2016.

2. Газопламенная металлизация и напыление неметаллов [Электронный ресурс] // Центральный металлический портал РФ – Режим доступа: http://metallischekiy-portal.ru/articles/zashita_ot_korrozii_metalla/metallizacia/gazoplamennaa_metallizacia_i_napilenie_nemetallov – Дата доступа: 12.03.2016.

Исследование триботехнических свойств композиционных антифрикционных материалов с добавками нано структурированных порошков

Студенты гр. 10402112 Михалюк А.Н., Денисов Д.Г., Белько В.С.

Научный руководитель – Белявин К.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основными требованиями, предъявляемыми к антифрикционным материалам, является 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 [1]. Однако 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 металлургии позволяет получать композитные высокопрочные и более дешевые изделия, состоящие из компактной стали и порошкового антифрикционного слоя.

Цель работы – исследование триботехнических свойств композиционных антифрикционных материалов с добавками нано структурированных порошков.

Методика исследования

Для получения двухслойного материала использовали пластины из листовой компактной стали Ст3 толщиной 1,5 – 2 мм. В качестве антифрикционного слоя применяли бронзовый порошок марки БрОФ 10-1, получаемый распылением, фракции 0,3 – 0,4 и 0,4 – 0,63 мм, с 2% нано структурированного порошка MoS_2 .

Перед нанесением порошкового слоя стальные пластины подвергались очистке металлической щеткой и наждачной бумагой для устранения оксидной пленки, проводили пластическую деформацию прокаткой для нанесения рельефа в виде сетки с зубом наклоном 45° , глубиной 0,2 – 0,5 мм 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.

Антифрикционный порошковый слой на пластину наносили свободной насыпкой на специальном приспособлении для получения равномерного по толщине слоя. После чего пластины с антифрикционным порошковым слоем подвергали термической обработке (спеканию) в защитно-восстановительной атмосфере эндогаза при температуре $750-780^\circ\text{C}$, в течение 50-60 мин.

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.

Пористость антифрикционного слоя и качество соединения его с компактной сталью исследовали с помощью металлографического анализа на микроскопе MEF-3 (Германия), для чего изготавливались шлифы с поперечном сечении.

Коэффициент трения антифрикционного слоя определяли на установке КФТТ01 (рисунок 1).

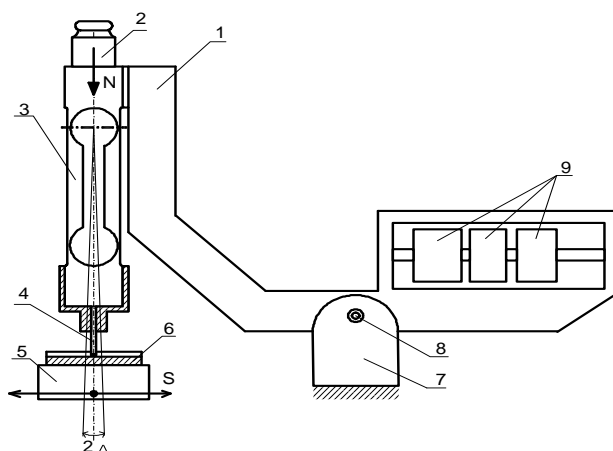


Рисунок 1 – Устройство для измерения силы трения:

- 1 – система балансировочный рычаг; 2 – груз необходимой массы;
- 3 – тензодатчик веса; 4 – сферический индентор; 5 – столик-держатель;
- 6 – исследуемый образец; 7 – кронштейн; 8 – ось; 9 – подвижные грузы

Установка работает следующим образом. На поверхности столика-держателя 5 закрепляется исследуемый образец 6. С помощью подвижных грузов 9 приводится в равновесие система балансировочный рычаг 1 – тензодатчик веса 3 – сферический индентор 4. На верхнюю плоскость тензодатчика 3 устанавливается груз необходимой массы 2. Включается механизм возвратно-поступательного движения столика-держателя 5 с исследуемым образцом 6. В качестве контртела служит шарик диаметром 3,18 мм из стали типа ШХ15, который выполняет возвратно поступательные движения относительно исследуемого образца. Шарик прижимается с усилием 98 Н. Количество циклов движения шарика – 750, скорость движения – 5 мм/с, длина трека – 10 мм, путь трения – 14,99 м.

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

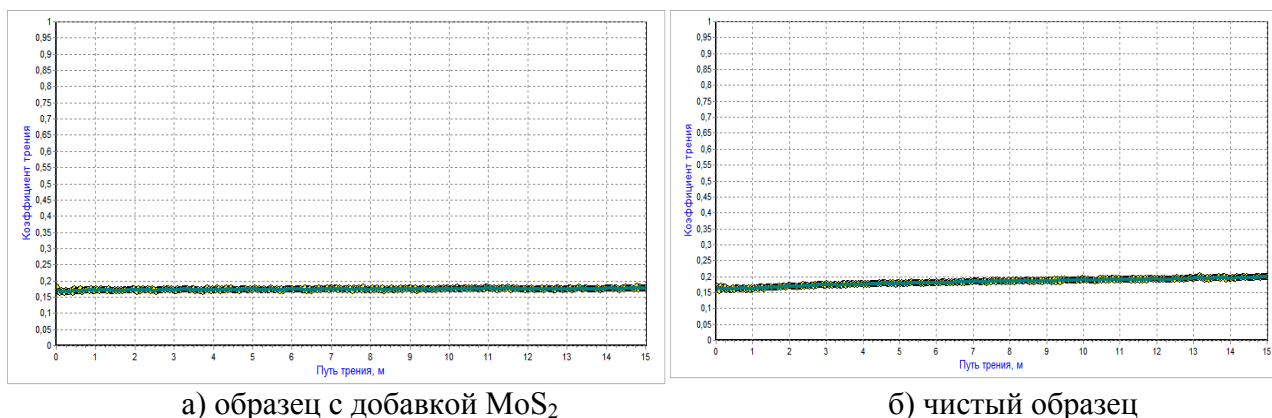


Рисунок 2 – Изменение коэффициента трения при нагружении 10 г в зависимости от длины пути индентора по бронзовой поверхности, полученной прокаткой

Проведены микроструктурные исследования полученных образцов, которые показали, в антифрикционном порошковом слое наблюдаются равномерная пористость 12 – 15% с открытыми сообщающимися порами, а также измерен коэффициент трения образцов, который показал, что добавка MoS₂ приводит к снижению коэффициента трения на 30 – 35%.

Список использованных источников

1. Раковский, В.С. Основы порошкового металловедения / В.С. Раковский. – М.: Оборонгиз, 1962. – 87 с.

УДК 621.771

Разработка комбинированной технологии изготовления рабочих деталей почвообрабатывающей роторной техники

Студенты гр. 10402112 Бахтин А.С., Манцевич И.О.
 Научный руководитель – Давидович Л.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Почвообрабатывающая роторная техника применяется в сельскохозяйственном производстве при бороновании почвы. Боронование, как технологический процесс обработки поверхности почвы, производится для рыхления, выравнивания, уничтожения корки, очистки пашни от сорняков, заделки в почву удобрений. В процессе боронования зубья бороны подвергаются быстрому износу и подлежат замене.

В связи с отсутствием производства зубьев роторных борон в республике, задача создания экономичной технологии этих рабочих органов с заданным комплексом механических свойств является весьма актуальной.

Зуб роторной бороны имеет Г-образную конструкцию и состоит из монтажной и рабочей частей (рисунок 1).

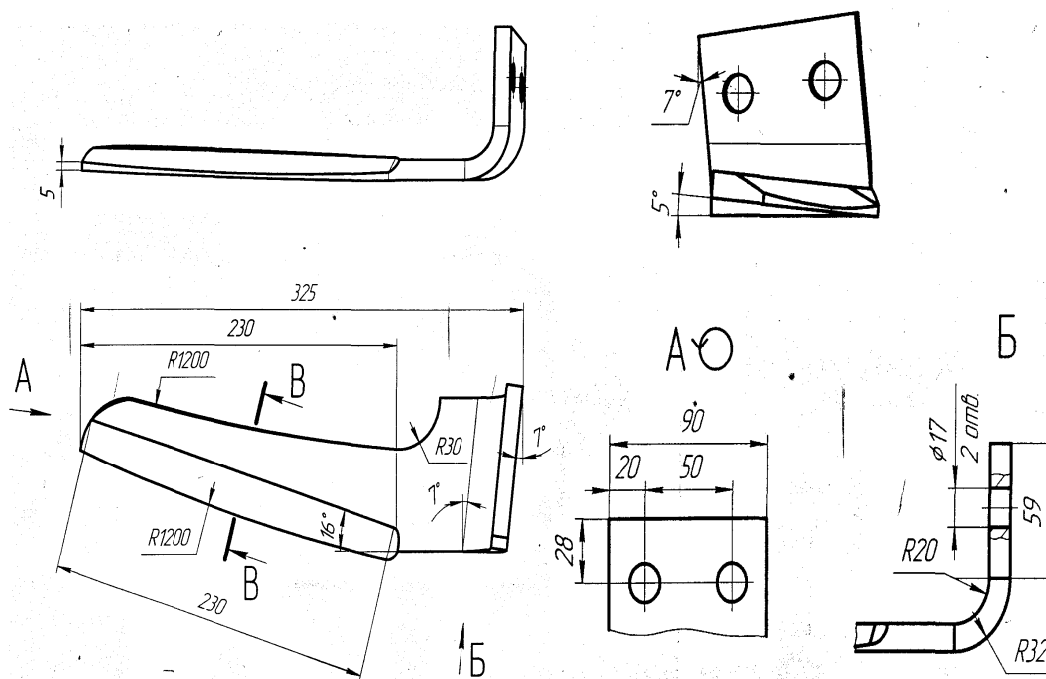


Рисунок 1 – Зуб роторной бороны

Такая конструкция зуба позволяет использовать его с вертикальным и горизонтальным расположением ротора. Однако, из-за высокой энергоемкости роторной бороны с горизонтальным расположением ротора, наиболее часто применяются машины с вертикальным расположением роторов. Такое оборудование выпускается различными иностранными фирмами «Rabe», «Lemken», «Amazon» и др.

Зубья роторных борон работают в условиях высоких ударных нагрузок и испытывают значительные изгибающие напряжения из-за консольного расположения рабочей части зуба. Поэтому требования к качеству этого изделия определяют выбор технологии и материалов для их изготовления.

При выборе материала для изготовления зуба роторной бороны был проведен анализ химического состава и механических свойств зубьев и других почвообрабатывающих органов различных иностранных производителей. Общим для материалов рабочих органов является сравнительно низкое содержание углерода – 0,3-0,4% и наличие кроме легирующих элементов Mn, Si, большого количества микродобавок Mo, Ti, Cr, Co и других.

Для повышения износостойкости при воздействии ударных нагрузок, т.е. увеличения вязких свойств, содержание углерода невелико – всего лишь 0,247%. В то же время анализ механических характеристик показал, что за счет применения легирующих элементов и микродобавок твердость стали составляет 46-48 HRC. При этом распределение твердости по сечению детали равномерное, т.е. она одинакова как на поверхности, так и в сердцевине изделия. Предел прочности стали составляет $\sigma_B = 1700 - 1800$ МПа, а ударная вязкость $a_n = 70 - 80$ Дж/см²

По комплексу механических свойств этим требованиям в наибольшей степени соответствует сталь 30ХГСА. Эта сталь применяется для изготовления деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости. После ТПО и закалки с 900°С с последующим охлаждением в масле и отпуске при 200°С сталь 30ХГСА имеет предел прочности $\sigma_B = 1960$ МПа и ударную вязкость 60 Дж/см² и способна выдерживать пластические деформации. То есть применение этого материала для изготовления зуба роторной бороны вполне приемлемо.

Технологический процесс обработки зуба роторной бороны

1. Вырезка заготовки исходной формы плазменной резкой листа.
2. Формообразование монтажных конструктивных элементов, например, пазов, отверстий, технологические принципы те же, что и на первой операции.
3. Индукционный нагрев заготовки до температуры 1150-1200°С с применением генераторов ТВЧ различной мощности и частоты в зависимости от размеров заготовки.
4. Прокатка заостренной части детали.
5. Объемная штамповка монтажной части детали.
6. Термообработка. Охлаждение в закалочной ванне или в спрейерном устройстве сформованной детали при температуре 870-920°С. В зависимости от материала изделия выбирается охлаждающая среда – масло, вода с добавками, водо-воздушная смесь под давлением и др.
7. Отпуск. Интервал температур для отпуска достаточно широк - от 200 до 650°С. Отпуск необходим для деталей, работающих с ударными нагрузками для обеспечения наивысшей ударной вязкости. После низкого отпуска при 200°С сталь 30ХГСА имеет ударную вязкость 60 Дж/см².

Приведенная комбинированная технология является импортозамещающей и в настоящее время внедряется на предприятиях Минсельхозпрода Республики Беларусь.

Формообразование широких фланцев в трубных заготовках с локальным нагревом

Студенты гр.10402112 Журо М.Н., Колядко С.Д.
Научный руководитель – Исаевич Л.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Формообразование методом пластического деформирования фланцев в трубных заготовках является разновидность процесса раздачи концов этих заготовок жестким инструментом. При этом конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом.

Для осуществления процесса раздачи по данной схеме в деформирующем инструменте необходимо иметь плавный переход от цилиндрической части к плоскости в виде торообразной поверхности (рисунок 1 а). Такая поверхность, естественно, копируется в раздаваемой части заготовки, что в ряде случаев не допускается конструкцией получаемой детали.

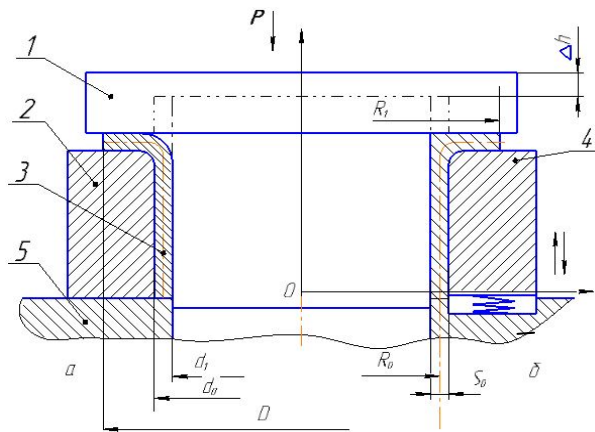


Рисунок 1 – Схема раздачи и осадки трубной заготовки:
а – раздача; б – осадка; 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка;
4 – матрица подвижная; 5 – плита

С целью исправления указанного недостатка и обеспечения острой кромки между цилиндрическим отверстием и фланцевой частью толщину стенки заготовки заранее выбирают увеличенной. После этого за счет удаления избытка металла обработкой резанием получают деталь с острой кромкой в зоне перехода от фланца к цилиндрической полости заготовки. Однако при этом около 40 % металла уходит в стружку, что существенно снижает коэффициент его использования и приводит к повышению себестоимости изготовления деталей.

В связи с этим было предложено техническое решение, суть которого сводится к тому, что после отбортовки по описанной выше схеме производят пластическое формоизменение торообразного участка заготовки за счет осадки ее цилиндрической части (рисунок 1 б). Для этого полученную трубную заготовку 3 с фланцем, перпендикулярным ее оси, содержащую торообразный участок между цилиндрическим отверстием и фланцевой частью, устанавливают в подпружиненную матрицу 4. Нижним торцом заготовка опирается на плиту 5.

При движении пуансона 1 вниз происходит формоизменение торообразного участка заготовки в результате заполнения полости, образующейся над этим участком.

При определении усилия, необходимого для формоизменения торообразного участка заготовки, процесс деформирования будем рассматривать как открытую прошивку фланца на-

ружным диаметром D трубчатым прошиванием, имеющим наружный диаметр d_1 , а внутренний – d_0 (рисунок 1).

Уравнение равновесия для этого случая запишется в виде:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{2\tau_k}{h};$$

Тогда уравнение деформирования будет записано:

$$P_0 = \frac{1}{2} \pi \sigma_T \left[\frac{d_1^2 - d_0^2}{4} \left(2 + x + 2.2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1^2 - d_0^2}{2h} \right) + d_1 h \right];$$

Таким образом, с помощью последнего уравнения вполне можно рассчитать усилие формоизменения отбортованного участка трубной заготовки на втором переходе.

Усилие раздачи конца трубной заготовки на первом переходе можно определить по известным формулам, приведенным другими авторами.

УДК 621.73.043

Малоотходная штамповка поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов

Студенты гр. 10402112 Азохов Д.Л., Дубенец С.С., Дыдик П.И.

Научный руководитель – Карпицкий В.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Современная тенденция развития кузнечно-штамповочного производства направлена на совершенствование, разработку и внедрения малоотходных технологических процессов и конструкции штамповой оснастки для различных способов выдавливания и изготовления поковок сложной формы из трудно деформируемых сталей 12Х21Н5Т, 12Х18Н9Т, Х35Н50ВМ и сплавов ХН78Т, ВТЗ-1, АВ, АК6 и др. обеспечивающих значительную экономию металла и снижение трудоёмкости.

Большое влияние на штамповку поковок выдавливанием и их качество оказывает характер течения металла, конструктивные элементы штампа, степень деформации и скорость истечения металла из очка матрицы. При неправильном соотношении скоростей деформации и рекристаллизации, а также при большом трении деформируемого металла у поверхности ручья матрицы на стержне поковки могут появляться поперечные трещины и разрушения металла поковки. Для получения высококачественных поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов особое внимание уделяется подготовки заготовок перед штамповкой. Мерные заготовки для штамповки выдавливанием должны иметь достаточно жесткие допуски по длине и диаметру – в пределах $\pm 0,5$ мм.

Большое значение для получения высококачественных поковок из трудно деформируемых сталей и сплавов при штамповке выдавливанием имеет правильный выбор способа нагрева, температурных и деформационных режимов штамповки, поскольку эти материалы имеют узкий интервал температур штамповки, высокую чувствительность к термическим напряжениям и узкий допустимый перепад температур в камере рабочей зоны в печи.

При штамповке поковок из жаропрочных сталей и сплавов печи должны быть снабжены автоматическими устройствами, обеспечивающими нагрев заготовок по заданной программе и автоматический контроль режима нагрева заготовки на поддонах или кассетах.

При изготовлении поковок ответственных деталей (диски, компрессорные лопатки и др.) из титановых сплавов с малыми припусками нагрев под штамповку следует производить в печах с защитной атмосферой с целью исключения образования альфированного слоя. Заготовки из алюминиевых и других цветных сплавов рекомендуется нагревать в электрических печах сопротивления камерного и карусельного типов с экранированными нагревателями и принудительной циркуляцией воздуха. Перепад температур в рабочей зоне печи не должен превышать ± 20 °С.

Индуктивным способом можно нагревать почти все труднодеформируемые материалы. Не рекомендуется нагревать не индукционным способом только жаропрочные стали и сплавы, которые имеют очень узкий температурный интервал штамповки, требуют большую равномерность нагрева металла по сечению заготовки и имеют высокую чувствительность к термическим напряжениям при высокой скорости нагрева, приводящим к образованию трещин при штамповке.

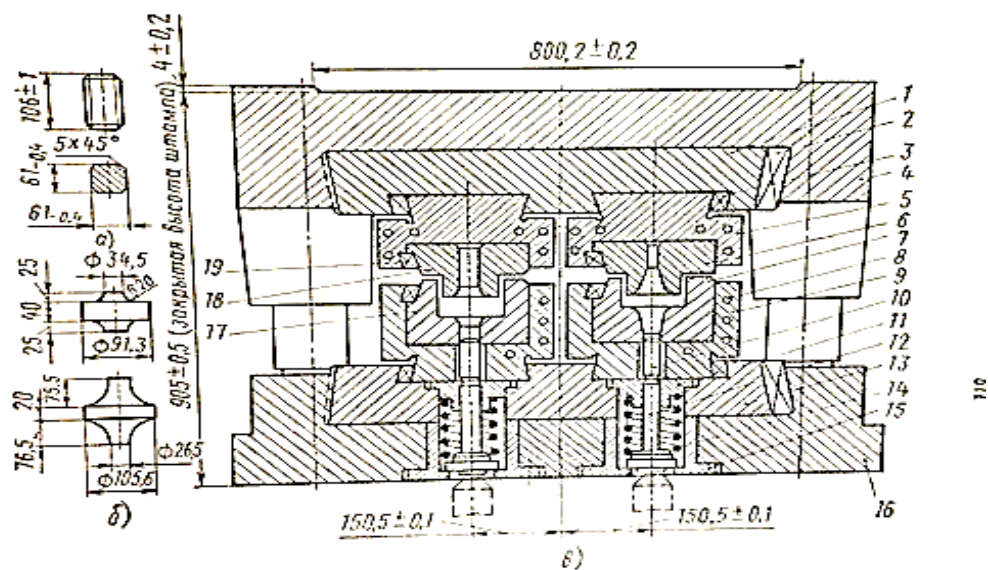


Рисунок 1 – Заготовка (а), переходы штамповки (б) и штамп для выдавливания поковки диска турбины (в):

- 1, 13 – подкладные плиты; 2, 3 и 19 – клинья; 4, 16 – плиты; 5, 9 – обойма;
6, 18 – пуансоны; 7, 17 – матрицы; 8 – отверстие для нагревателей;
10 – выталкиватель; 11, 15 – втулки; 12 – толкатель; 14 – пружина

Для штамповки поковок из жаропрочных, титановых, алюминиевых и других труднодеформируемых сплавов применяют блоки со встроенными нагревателями. Преимущество встроенного электронагрева заключается в обеспечении сквозного прогрева штампов до требуемой температуры и поддержания её с помощью системы терморегулирования на заданном уровне в процессе работы штампа и при вынужденных остановках. Штампы нагреваются с помощью стержней, расположенных в отверстиях верхней и нижней обоймы и соединенных в цепь хомутами и токопроводящими шинами. Стержни, хомуты и шины изготовлены из меди и составляют электрическую цепь низкого напряжения. При нагреве штампов необходимо стремиться к тому, чтобы температура верхней и нижней частей блока была одинакова. Несоблюдение этого условия может привести к поломке колонок.

На рисунке 1 приведены заготовка, переходы штамповки поковки диска турбины из жаропрочного сплава ХН77ТЮРУ и конструкция двухручьевого штампа с электронагревом для штамповки комбинированным выдавливанием на КГШП усилием 25МН с гидравлическим выталкивателем. Диски штампуют из заготовок со стороной квадрата $61^{-0,4}$ мм, высо-

той $106^{\pm 1}$, мм, которые после отжига и фрезеровки проверяют ультразвуковым дефектоскопом на отсутствие внутренних пороков металла. Температура нагрева исходных заготовок под штамповку в первом ручье $1150 \pm 10^{\circ}\text{C}$, температура конца штамповки $1000-1040^{\circ}\text{C}$. После окончательной штамповки диски подвергают закалке при 1080°C в течении 8 ч., старению при 750°C в течении 16 ч. Такой технологический процесс штамповки дисков позволяет получать поковки с малыми припусками под механическую обработку, с направлением волокон, ориентированных по конфигурации поковки, и с высокими механическими свойствами.

УДК 621.73.043

Разработка технологии изготовления конических зубчатых колес методом сферодвижной штамповки

Студенты гр. 104412 Осадчий М.С., Шенец А.Л., Пилипцевич Д.С.
 Научный руководитель – Кудин М.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В конструкциях современных двигателей широкое применение находят детали сложного рельефа, к которым относятся зубчатые колёса, диски, фланцы. Следствие несовершенства применяемой технологии изготовления таких деталей связано с большим объёмом черновой механической обработки и повышенным расходом дорогостоящих и дефицитных материалов. Одним из путей решения этой проблемы является разработка и внедрение новых процессов, обеспечивающих получение заготовок с минимальными припусками на механическую обработку и высоким коэффициентом использования металла. К числу таких процессов, основанных на локальном приложении нагрузки, относится сферодвижная штамповка.

Сущность сферодвижной штамповки (рисунок 1) заключается в том, что общая деформация осуществляется в результате локального, последовательного и многократного воздействия пуансона и матрицы на заготовку, в результате чего деформируемые участки подвергаются последовательному пульсирующему нагружению.

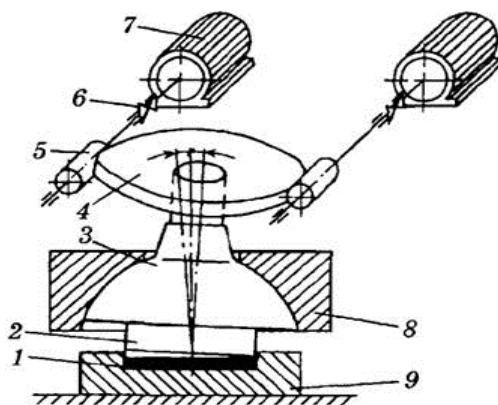


Рисунок 1 – Схема конструкции сферодвижной штамповки:
 1 – заготовка; 2 – пуансон; 3 – водило; 4 – червячное колесо; 5 – червяк;
 6 – муфта; 7 – электродвигатель; 8 – подпятник; 9 – матрица

Таким образом, уменьшение контактной поверхности, пульсирующий характер нагружения и изменение схемы действия сил в зоне очага деформации оказывают большое влия-

ние на изменение условий контактного трения, значительно снижают удельное давление и позволяют до 10-15 раз уменьшить потребное технологическое усилие.

Устройство для сферодвижной штамповки, содержит прессователь с водилом, связанным с приводом его колебательного движения, установленным в корпусе, а так же механизм фиксации водила от проворота, отличающиеся тем, что, с целью повышения точности штампуемых деталей, механизм фиксации водила от поворота выполнен в виде конического зубчатого соединения, одно колесо которого жестко связано с корпусом, а другое – с прессователем.

В настоящее время на стадии внедрения находится технология сферодвижной штамповки швейцарской фирмы «Schmid». При ее помощи планируется производить окончательное формирование зубчатого венца конических прямозубых шестерён и сателлитов дифференциала заднего моста тракторов «Беларус». Уникальность технологии заключается в том, что формирование зубчатого венца происходит методом холодного пластического деформирования заготовки приближенной геометрической формы, но не традиционной штамповкой. Шестерни, полученные методом сферодвижной штамповки, помимо иных преимуществ имеют упрочнённый поверхностный слой, что положительно сказывается на их ресурсе.

УДК 620.1-1/-9

Исследование граничной зоны биметаллов, полученных скоростным горячим выдавливанием (СГВ)

Студенты: гр. 104412 Дубенец С.С., Пономарев Т.С., Кисель И.С., Легенькая М.С.
Научный руководитель – Ленкевич С.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современных условиях производства особенно эффективной является возможность создания биметаллического инструмента на основе использования эффектов скоростного горячего формоизменения. Наряду с известными, традиционными способами сварки при соединении разнородных металлов применяют специальные, такие, как сварка давлением.

Главными параметрами, определяющими процесс соединения, являются давление, температура и длительность их воздействия. При сварке давлением не происходит плавления, или если и происходит, то расплав выдавливается наружу, так что в конечном счете при сварке давлением происходит соединение на поверхности твердого тела. Следовательно, в этом случае почти не доставляет беспокойства охрупчивание швов, обусловленное образованием химических соединений, которое представляет проблему при сварке плавлением.

Объектом исследований являлись детали типа «вставка пуансона» с формообразующей полостью, которые получили в процессе СГВ из составных заготовок. В результате экспериментальных исследований скоростным горячим выдавливанием были получены биметаллические образцы с композицией сталей 40X+P6M5 и 40X+X12MФ (рисунок 1).

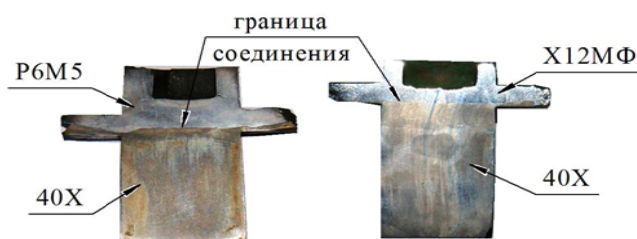


Рисунок 1 – Шлифы биметаллических образцов

В процессе нагрева составных заготовок температура в рабочем пространстве печи контролировалась с помощью платино-родиевой термопары и составляла $T_{\text{пн}} = 1200 - 1220$ °С. Энергия деформирования составляла порядка 3,3 – 3,5 кДж, а режим скоростного горячего выдавливания осуществлялся в диапазоне скоростей 9,5 – 10 м/с.

В процессе СГВ обеспечиваются условия для получения качественного биметаллического соединения за счет совместного пластического течения двух сталей с увеличением площади взаимодействия как минимум в два раза. При скоростном нагружении процесс можно считать адиабатическим, т.е. теплообмен между инструментом и заготовкой практически отсутствует, а за счет деформации происходит приращение температуры, что способствует удалению оксидных пленок. Также с увеличением скорости выдавливания повышается и скорость пластической деформации на контактных поверхностях, что приводит к росту плотности и частоты выхода дислокаций в зону контакта соединяемых металлов и увеличению концентрации активных центров взаимодействия. При этом увеличивается вклад механической активации в процесс образования прочного сварного соединения.

На рисунке 2 приведены фотографии микроструктуры биметаллических образцов в зоне шва. Как видно из фотографий качество полученного шва в центре и на краю образцов (металл, вытесненный в кольцевую проточку) практически неизменно, что является доказательством произошедшего физического контакта по всей соединяемой поверхности.

Наиболее высокая прочность сцепления соответствует структуре, в которой не наблюдается граница раздела и имеет место плавный переход от структуры одного металла к другому и плавное изменение микротвердости (рисунок 2, а, б).

Некоторое понижение прочности сцепления наблюдается при наличии в граничной зоне растворившихся окислов и полосы феррита (рисунок 2 в, г)). В данном случае появление ферритной полосы является результатом диффузии углерода в инструментальную сталь Р6М5, так как она содержит в своем составе большое количество карбидообразующих элементов, что приводит к полному связыванию углерода в лакирующем слое.

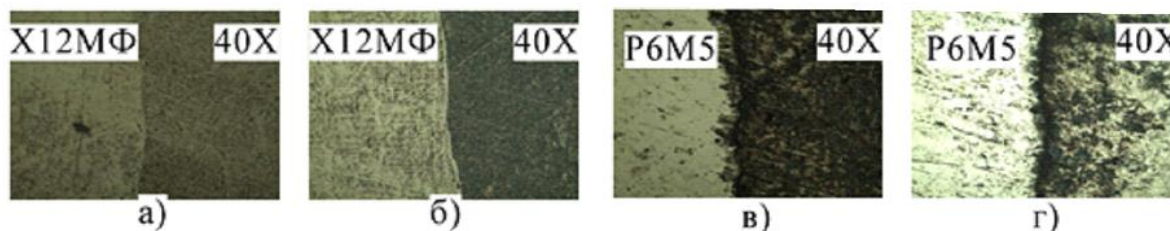


Рисунок 2 – Микроструктура шва биметаллических образцов х 1000:
а и б – (сталь 40X+X12MФ); в и г – (сталь 40X+Р6М5);
а и в – центр шва; б и г – край шва

Диффундирующий из другого слоя углерод образует вдоль границы раздела явно видную на микрошлифе полосу с мелкими карбидами.

При соединении высоколегированных сталей или сплавов сложного состава, как правило, наблюдается резкая граница раздела, что объясняется сравнительно замедленными диффузионными процессами в этих сталях по сравнению с углеродистыми и низколегированными. В этом случае для получения хорошего контакта и прочного сцепления замедленная диффузия должна быть компенсирована интенсивной пластической деформацией. Такую интенсификацию, в нашем случае, обеспечивает совместное истечение двух разнородных сталей в кольцевую проточку.

На рисунке 3 приведены результаты измерения микротвердости двух образцов в зоне соединения двух сталей.

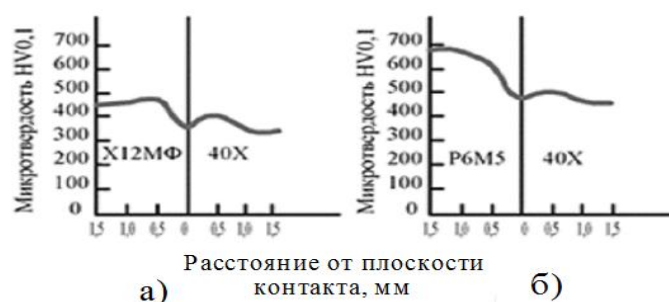


Рисунок 3 – Распределение микротвердости в граничной зоне:
 а – образец с композицией сталей 40X+X12MФ;
 б – образец с композицией сталей 40X+P6M5

Измерения микротвердости показали, ее уменьшение при приближении к границе контакта как со стороны сталей X12MФ и P6M5, так и стали 40X (рисунок 3). Наличие более «мягкой», чем свариваемые материалы, зоны в окрестности контакта способствует снижению остаточных напряжений вследствие их релаксации в этой зоне и повышению прочности соединения.

Значение твердости на поверхности рабочей полости, выполненной из стали X12MФ составило 59 – 61 HRC, а для стали P6M5 – 65 – 66 HRC. Из чего следует, что, применяя ту или иную штамповую сталь, можно обеспечить требуемый комплекс механических свойств инструмента. При значительных ударных нагрузках сталь X12MФ обеспечит высокую ударную вязкость инструмента и достаточную твердость рабочей поверхности, а сталь P6M5 значительно увеличит износостойкость инструмента при умеренных ударных нагрузках. Кроме того, сталь 40X используемая в качестве основы, с полученной твердостью 39 – 46 HRC (увеличивается от сердцевины к поверхности) будет дополнительно поглощать ударную нагрузку, что увеличит общую стойкость биметаллического инструмента.

УДК 621.983.321

Влияние сил межслойного трения на процесс пластического деформирования двухслойной заготовки при комбинированной вытяжке полых двухслойных изделий

Студенты: гр. 104411 Пригара П.В., гр. 104412 Стецко В.В.
 Научный руководитель – Любимов В.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В настоящее время существуют два направления получения штамповкой полых двухслойных изделий: из биметаллического проката (листы, трубы) и из составных заготовок. Использование составных заготовок, не имеющих жесткой связи между слоями, взамен биметаллических создает более широкие возможности для изготовления полых двухслойных изделий, так как позволяет получать изделия с требуемым сочетанием эксплуатационных характеристик независимо от номенклатуры выпускаемого биметаллического проката. Для изготовления полых многослойных изделий из составных листовых заготовок может успешно использоваться комбинированная вытяжка (рисунок 1). Данный метод позволяет использовать составные заготовки без специальной подготовки контактных поверхностей.

Процесс вытяжки составной заготовки при отсутствии жесткой металлической связи между слоями сопровождается относительным скольжением слоев, что отличает его от процесса вытяжки биметаллической заготовки. Следствием относительного скольжения слоев является возникновение на межслойной поверхности сил контактного трения.

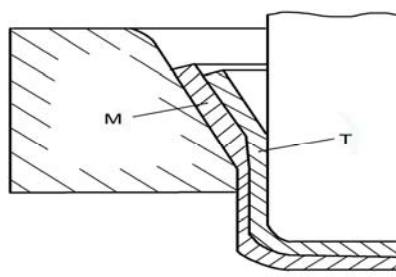


Рисунок 1 – Схема комбинированной вытяжки двухслойной заготовки:
М – мягкий слой; Т – твердый слой

При комбинированной вытяжке скорости перемещения слоев определяются их сопротивлением пластической деформации и в общем случае различны. В слое, движущемся в очаге деформации с большей скоростью, силы межслойного трения направлены противоположно направлению его перемещения, а в слое, движущемся с меньшей скоростью, направления сил трения и его перемещения совпадают. При комбинированной вытяжке большую скорость перемещения имеет слой с большим сопротивлением пластическому деформированию (более твердый). В результате силы межслойного трения создают в твердом слое дополнительные растягивающие, а в мягком – дополнительные сжимающие напряжения. Значения дополнительных напряжений в слоях заготовки, вызванных силами межслойного трения, зависят от степени утонения.

Силы трения на поверхностях контакта составной заготовки с инструментом ориентированы противоположно направлениям перемещения слоев. В соответствии с этим, в зоне утонения действие контактных сил трения на прилегающий слой будет различным. Наружный слой скользит по матрице, следовательно, контактные силы трения здесь ориентированы противоположно направлению вытяжки. В то же время за счет утонения заготовка удлиняется и внутренний слой скользит по пуансону противоположно вытяжке, а, следовательно, контактные силы трения здесь ориентированы по направлению вытяжки.

Действие межслойных сил трения приводит к увеличению меридиональных растягивающих напряжений в твердом слое и к уменьшению их в мягком слое. В связи с этим предельная степень утонения твердого слоя снижается, а мягкого – увеличивается по отношению к предельной степени утонения при однослойной вытяжке этих материалов.

На рисунке 2 приведены схемы действия контактных и межслойных сил трения в зоне утонения. При наружном расположении мягкого слоя (рисунок 2, а) направление действия контактных и межслойных сил трения на мягкий слой аналогично направлению действия сил трения при однослойной вытяжке.

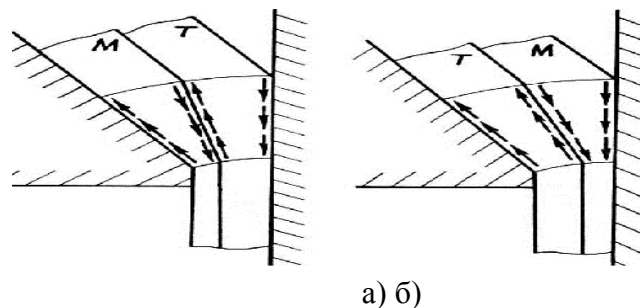


Рисунок 2 – Схема действия контактных и межслойных сил трения в зоне утонения при внутреннем (а) и наружном (б) расположении твердого

При этом твердый слой играет роль пуансона по отношению к мягкому слою. Растягивающее действие межслойных сил трения на твердый слой в некоторой степени компенсируется противоположным действием контактных сил трения по пуансону. При наружном расположении твердого слоя (рисунок 2,б) растягивающее действие контактных и межслойных сил трения на него суммируется, а мягкий слой разгружается не только действием сил трения по пуансону, но и действием сил межслойного трения.

Таким образом, независимо от компоновки составной заготовки, наружный слой находится в более неблагоприятном состоянии и вероятность его обрыва больше, чем внутреннего. При этом большие предельные степени вытяжки и утонения могут быть достигнуты при наружном расположении твердого слоя в изделии.

УДК 621.73.043.073

Навивка пружин и гибка проволоки на автоматах

Студенты гр.10402112 Язевич И.Н., Кубасов С.А., Грищук О.А.

Научный руководитель – Шиманович О.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Технология изготовления метизов штамповкой на универсально-гибочных автоматах позволяет, как правило, получить полностью законченные изделия. Некоторые гибочные автоматы оснащены поперечной (дополнительной) подачей материала, усиленным ползуном реза, устройствами для нарезания резьбы, клепки, сварки, вращающимися оправками для навивки пружин, ползунами, резцовыми головками и другими устройствами, значительно повышающими технологические возможности автоматов. Преимущество штамповки на гибочных автоматах – высокая производительность, особенно для мелких деталей с малой подачей. По типу конструкции и технологическим возможностям универсально-гибочные автоматы можно разделить на четырехползунковые автоматы с горизонтальным движением ползунков и многоползунковые автоматы с движением ползунков в вертикальной и наклонной или наклонной плоскости.

Способом холодной навивки можно изготавливать пружины из проволоки или горячекатаной сортовой стали круглого сечения диаметром до 16 мм. Пружинную проволоку применяют как предварительно упрочненную до навивки, так и в отожженном состоянии. При изготовлении из упрочненной проволоки пружины после навивки подвергают низкотемпературному отпуску, при котором уменьшаются остаточные напряжения изгиба и увеличиваются упругий участок нагружения, стойкость к релаксации нагрузки и динамическая прочность. При навивке из неупрочненной проволоки пружины подвергают закалке и отпуску.

Для упрочнения проволоки применяют в основном два способа: деформационное упрочнение в процессе волочения и мартенситное превращение в результате закалки и отпуска. В зависимости от механических свойств установлены четыре класса проволоки: I, II, IIА и III. Проволока класса IIА имеет меньше вредных примесей и повышенную пластичность. Для ответственных (клапанных) пружин применяют проволоку диаметром 1,2 – 5,5 мм, упрочненную закалкой и отпуском. Такая проволока несмотря на более низкое временное сопротивление стабильнее сохраняет упругую характеристику вследствие более высоких упругих свойств. Для холодной навивки пружин, подвергающихся затем закалке, применяют стальную легированную пружинную проволоку диаметром 0,5 – 14 мм.

Навивку на вращающуюся оправку (рисунок 1а) как наиболее простой способ применяют в единичном и мелкосерийном производстве; применяют также в автоматах для навивки пружин кручения. Развод витков осуществляют смещением оправки по стрелке А или смещением направляющей втулки. Если осуществлять скручивание проволоки (по стрелке

Б), то можно получить пружины с межвитковым давлением (с предварительной нагрузкой). Для получения пружин растяжения с большим межвитковым давлением применяется способ навивки с отгибом и обкаткой роликом (рисунок 1б).

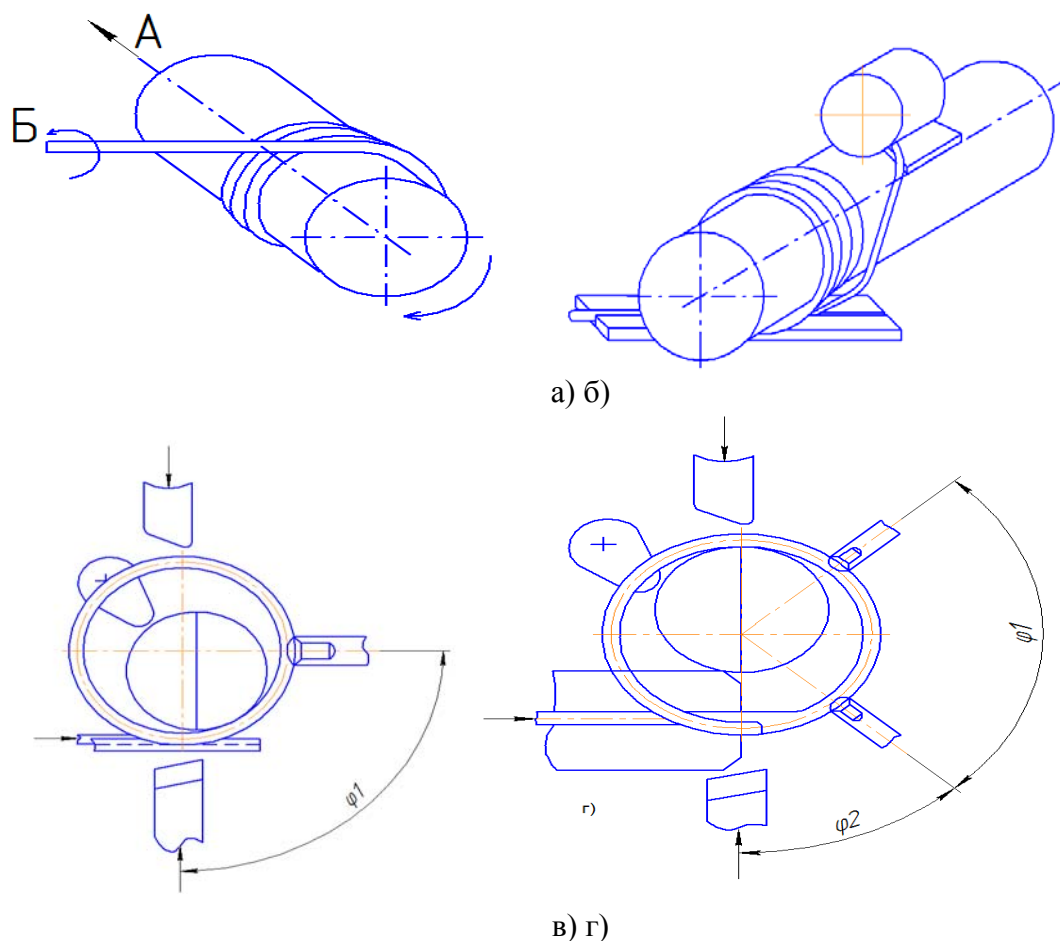


Рисунок 1 – Схемы навивки пружин

Недостатками навивки на оправку являются трудности в автоматизации изготовления пружин сжатия и невозможность регулирования диаметра без смены оправки. Способы навивки по схеме «сжатие + изгиб» не имеют этих недостатков и получили наибольшее распространение. Для подачи проволоки можно использовать подающие ролики с канавками или клещевой зажим. На рисунке 1в приведена одноштифтовая (одноупорная) схема навивки. Проволока в этом случае перегибается через оправку, т.е. касается ее. Если увеличить угол φ_1 установки упора, то при некотором угле $\beta \approx \beta_{кр}$ проволока отрывается от оправки и необходим второй упорный штифт (рисунок 1г), т.е. схема докритическая переходит в закритическую, в которой оправка нужна только как внутренний нож.

Пружинонавивочные автоматы для холодной навивки пружин, работающих по схеме «сжатие + изгиб», могут быть двух типов: кулисные и муфтные. В автоматах кулисного типа длина заготовки навиваемой пружины регулируется изменением радиуса кривошипа, т.е. изменением угла качания зубчатого сектора кулисы. В автоматах муфтного типа подача регулируется изменением времени включения и выключения муфты подачи, управляемой регулируемыми кулачками. К преимуществам автоматов кулисного типа можно отнести высокую производительность при навивке пружин с небольшой длиной развертки, точность подачи по длине (0,5 – 2 мм), бесступенчатое и точное регулирование длины подачи, бесшумность работы, надежность. Недостатком автоматов муфтного типа является неточ-

ность подачи по длине заготовки (5 – 30 мм) вследствие неравномерности проскальзывания муфты и проволоки при ударном включении.

Основные параметры и размеры пружинонавивочных автоматов регламентированы ГОСТ 9224-74. Универсальные автоматы должны обеспечивать навивку цилиндрических, конических и бочкообразных пружин с постоянным и переменным шагом, правой и левой навивки из проволоки круглого сечения. Скорость подачи проволоки устанавливают в зависимости от вида, размера, точности и материала пружин. Для навивки пружинных шайб широкое применение нашли автоматы типа АШП, работающие по схеме одноупорной навивки с прерывистой роликовой подачей.

УДК 621.983.321

Влияние деформационного упрочнения на процесс пластического деформирования двухслойной заготовки при комбинированной вытяжке полых двухслойных изделий

Студенты: гр. 104411 Пригара П.В., гр. 104412 Высево В.А.
Научный руководитель – Любимов В.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В работе изучались особенности процесса комбинированной вытяжки полых двухслойных изделий из составных листовых заготовок. Проведенные исследования показали, что двухслойные изделия, получаемые этим методом, характеризуются неравномерной толщиной слоев. Разнотолщинность слоев не только ухудшает качество изделий, но и снижает производительность процесса и увеличивает расход материалов. Неравномерная деформация слоев объясняется тем, что при совместном пластическом деформировании составной двухслойной заготовки ввиду отсутствия жесткой металлической связи между слоями слой из материала с меньшим пределом текучести (мягкий слой) получает большую степень утонения, а слой из материала с большим пределом текучести (твердый слой) – меньшую степень утонения (рисунок 1). С увеличением различия механических свойств материалов слоев неравномерность послойных деформаций возрастает.

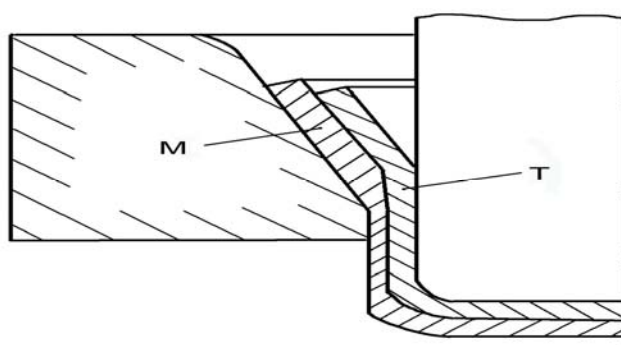


Рисунок 1 – Схема комбинированной вытяжки двухслойной заготовки:

М – мягкий слой; Т – твердый слой

Неравномерная деформация слоев составной заготовки обуславливается не только разницей пределов текучести материалов слоев, но и различным модулем их упрочнения. В процессе вытяжки исходное соотношение напряжений текучести материалов слоев составной заготовки непрерывно изменяется вследствие различной интенсивности деформационного упрочнения. В результате изделия получают с неравномерной толщиной слоев вдоль

образующей стенки изделия: толщина слоя с большей интенсивностью упрочнения увеличивается по направлению к верхней кромке изделия, а толщина слоя с меньшей интенсивностью упрочнения уменьшается в этом направлении (рисунок 2).

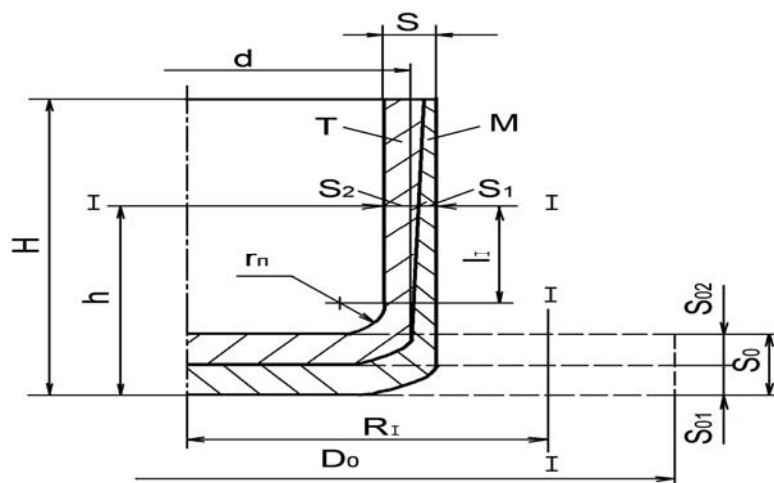


Рисунок 2 – Изменение соотношения толщин мягкого (М) и твердого (Т) слоев по высоте стенки двухслойного изделия

Можно выделить три типовых ситуации, возникающих при совместном деформировании двухслойной заготовки. Первая – когда отношение сопротивлений деформированию слоев остается постоянным на протяжении всего процесса деформирования (показатели упрочнения обоих материалов одинаковы); вторая – когда показатели упрочнения материалов слоев неодинаковы, но сопротивление деформированию одного слоя больше сопротивления деформирования другого слоя на всем протяжении совместной деформации; третья – когда в процессе совместной деформации сопротивление деформированию одного слоя становится больше сопротивления деформированию другого. Каждой из этих ситуаций соответствует определенный характер напряженного состояния слоев, который оказывает влияние на предельные степени деформации составной заготовки и на распределение послойных деформаций.

В первом случае соотношение толщин слоев будет постоянным по всей длине стенки изделия. Во втором случае толщина слоя с большим показателем упрочнения будет монотонно увеличиваться по направлению к кромке стакана. При сочетании материалов, у которых в процессе вытяжки напряжение текучести одного компонента становится больше напряжения текучести другого, характер деформации слоев усложняется. При входе двухслойного полуфабриката в зону утонения мягкий слой получает большую деформацию, а твердый – меньшую. В то же время, поскольку показатель упрочнения мягкого слоя больше показателя упрочнения твердого слоя, различия в напряжениях текучести совместно деформируемых материалов постепенно уменьшаются, т.е. $\bar{\sigma}_{SM} \rightarrow \bar{\sigma}_{ST}$, а затем наступает момент, когда $\bar{\sigma}_{SM} = \bar{\sigma}_{ST}$, а затем $\bar{\sigma}_{SM} > \bar{\sigma}_{ST}$. Такое изменение соотношения напряжений текучести материалов слоев сопровождается перераспределением послойных деформаций и изменением направления действия сил межслойного трения.

На рисунке 3 приведены эпюры распределения толщины стального слоя по длине стенки двухслойных стаканов, полученных комбинированной вытяжкой из плоских составных заготовок, составленных из стали 08кп толщиной 0,72 мм в сочетании с отожженным алюминием АДН толщиной 0,69 мм и отожженной латунью Л63 толщиной 0,71 мм. Вытяжке подвергали двухслойные пакеты: с наружным стальным слоем и внутренним слоем из отожженного алюминия (С + А₀); с наружным слоем из отожженного алюминия и внутренним слоем из стали (А₀ + С); с наружным слоем из стали и внутренним слоем из отожженной ла-

туни (С + Л₀). Соотношение пределов текучести алюминия и стали $\bar{b}_A/\bar{b}_C = 0,33$, латуни и стали $\bar{b}_L/\bar{b}_C = 0,71$. Способность металлов к упрочнению оценивали величиной $\Psi_{ш}$, характеризующей относительное уменьшение площади поперечного сечения образца при испытании на растяжение. Соотношение показателей упрочнения алюминия и стали $\Psi_A/\Psi_C = 0,7$; латуни и стали $\Psi_L/\Psi_C = 1,36$.

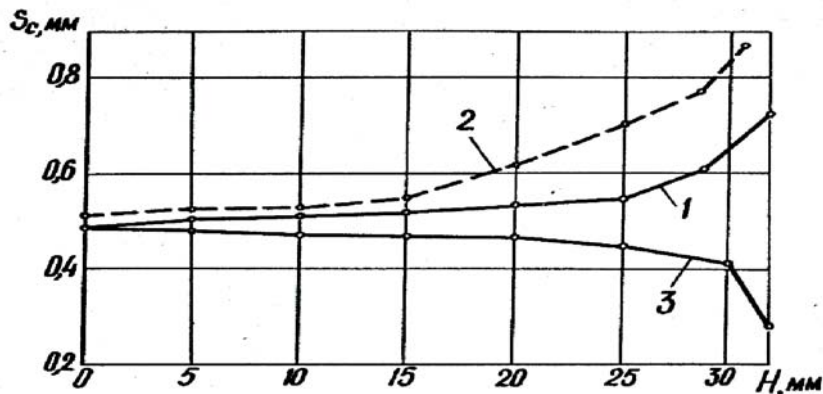


Рисунок 3 – Изменение толщины стального слоя по высоте стенки стаканов вытянутых из пакетов: С + А₀ (1), А₀ + С (2), С + Л₀ (3)

Вытяжку осуществляли с коэффициентом вытяжки $m_d = 0,5$ и коэффициентом утонения стенки $m_s = 0,66$. Толщина стенки полого двухслойного стакана составляла 0,94 мм. Начало координат соответствует месту перехода придонного скругления в стенку. Из приведенных эпюр следует, что толщина слоя с большим показателем упрочнения возрастает по направлению к кромке стакана. Кроме того, интенсивность изменения толщин слоев увеличивается по мере приближения к кромке стакана.

Наибольшие трудности возникают при вытяжке двухслойных изделий с малой толщиной мягкого слоя при наружном его расположении и большой разнице механических свойств материалов слоев. При вытяжке таких изделий может происходить полное передавливание мягкого слоя твердым слоем либо в самом начале процесса вытяжки, либо на его промежуточной стадии. Для изготовления таких изделий целесообразно использовать способ послойной комбинированной вытяжки, при котором вначале вытягивают заготовку внутреннего (твердого) слоя, а затем тем же пуансоном с находящимся на нем вытянутым внутренним слоем производят вытяжку заготовки наружного (мягкого) слоя. Требуемая толщина слоев и их равномерность по длине стенки изделия обеспечивается принудительным утонением заготовок при их послойной комбинированной вытяжке.

Металлургические технологии

Использование вторичных отходов в черной металлургии

Студент гр. 10405312 Спиридович А.Е.
Научный руководитель – Сильченко А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Использование вторичного сырья (металлолома) является важной проблемой современного металлургического производства. Общеизвестно, что в себестоимости металлопродукции значительную часть составляют сырьевые и энергетические ресурсы. Так, доля лома в себестоимости стали при кислородно-конвертерном производстве составляет около 20%, в электросталеплавильном – до 80%.

С одной стороны, использование вторичного сырья диктуется экономической целесообразностью за счет снижения затрат по сравнению с переработкой руды, с другой стороны в связи с развитием электросталеплавильного производства необходимо оценить существующие и прогнозные запасы металлолома на мировом рынке.

В настоящее время практически все металлургические и машиностроительные предприятия Республики Беларусь работают с использованием вторичного сырья, при этом оборот внутреннего рынка восполняет потребность в ломе черных и цветных металлов на 25 – 30%.

В работе на основе существующих технических источников выполнен анализ, который показал, что прогнозы по металлолому черных металлов различных экспертов и специалистов несколько различаются, но в целом очевиден его дефицит на период 2015-2020 годы. Так, на мировом рынке лома префицит (предложение – спрос) составлял на 2010-2011 года 18 – 12 млн. т, а к 2015 г. прогнозировалось отсутствие лома (прогноз образования равен прогнозу потребления). По данным других экспертов спрос в 2015 году должен был превышать предложение на 65 млн.т, к 2020 году предложение и спрос уравниваются, при этом в основном за счет Китая, так как потенциал лома огромен за счет вывода устаревших мощностей и ввода новых.

Если рассматривать страны СНГ, то прогноз потребления лома к 2020 году для конвертерного процесса возрастет на 49%, для электросталеплавильного производства – на 100%, а всего для всех видов производств – на 43%.

Анализ процессов переработки лома показал, что в настоящее время существует тенденция повышения качества металлолома, особенно для электросталеплавильного производства, что приводит к необходимости иметь на соответствующих предприятиях современное прессовое или пакетировочное высокопроизводительное оборудование.

Анализ способов производства алюминиевых сплавов

Студент гр. 10405412 Суравнев С.П.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В цветной металлургии на долю алюминия приходится более 45% мирового годового производства металлов и сплавов. За период с 2010 г. по 2014 г. производство алюминия в целом по миру имело положительную динамику, что обусловлено, в основном ростом производства данного металла в Китае. В 2015 году производство первичного алюминия в мире достигло уровня 57,889 млн. тонн, что на 8,96% больше по сравнению с 2014 г., при этом бо-

лее половины производства алюминия произведено в Китае. Крупнейшими производителями и экспортерами алюминия являются Россия, Венесуэла, Бразилия, Норвегия, Канада, Австралия. Ведущие позиции в поставках алюминия на мировой рынок занимает Российская Федерация (ее доля в мировой торговле необработанным алюминием в 2014 году находилась на уровне 15,0 %). Основными импортерами необработанного алюминия являются США, Япония, страны Европы, а также Южная Корея. Так, на четыре страны (США, Япония, Германия и Южная Корея) приходится более 40,0 % от общего объема импорта алюминия в мире [1].

Цветная металлургия Республики Беларусь развита слабее, нежели черная. Данная область экономики представлена государственным объединением «Белвортмет» - предприятием, занимающимся заготовкой и вторичной переработкой цветных металлов на территории страны.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2] в страну ежегодно импортируется около 64 000 т алюминия необработанного, 500 т алюминиевых сплавов, отходов и лома из алюминия, более 12 000 т алюминиевых прутков и профилей, около 43 000 т алюминиевой проволоки, а также около 61 000 т листов и ленты из алюминия.

Крупнейшим предприятием по производству алюминиевых профилей в Беларуси является СООО «Алюминтехно» [3], которое входит в группу компаний «Аллотех». Высокоэффективное передовое предприятия оснащено оборудованием ведущих производителей США, Германии, Италии, Великобритании, Канады и других стран. При этом ряд технологических процессов и элементов производственного заводского оборудования не имеет аналогов в СНГ.

В работе рассмотрены основные стадии производства алюминия (получение глинозема из алюминиевых руд, получение алюминия из глинозема, рафинирование алюминия), а также технологическое оборудование, используемое при производстве металлического алюминия на примере СООО «Алюминтехно» (газовая отражательная печь, поворотный миксер, разливающий стол и оборудование прессового производства).

Список использованных источников

1. Информация о результатах анализа состояния и развития отрасли цветной металлургии государств – членов Евразийского экономического союза. [Электронный ресурс] – Режим доступа: eurasiancommission.org/ru. – Дата доступа: 15.02.2016.
2. Импорт металлов за полугодие 2015 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: belstat.gov.by. – Дата доступа: 15.02.2016.
3. Производственное предприятие СООО «АлюминТехно». [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.alutech-group.com. – Дата доступа: 15.02.2016.

УДК 669.1

Модернизация нагревательных печей

Студент гр. 10405412 Радкевич С.М.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение энергоэффективности нагревательных и термических печей машиностроительного и металлургического производства являются одним из приоритетов модернизации промышленного комплекса Республики Беларусь, в котором сегодня функционирует около 2000 печей разной конструкции.

В работе рассмотрен опыт реконструкции печного парка, накопленный специалистами Украины и России к настоящему времени. Несмотря на достаточное количество опублико-

ванных работ по этой тематике, можно выделить следующие основные направления, которые актуальны, в том числе для белорусского машиностроения за счет частичной реконструкции печного парка (например, [1, 2]):

– **установка систем управления для существующих газогорелочных систем.** Это позволяет в рамках имеющихся возможностей автоматизировать процесс тепловой обработки – поддерживать постоянство соотношения газ – воздух, управлять давлением в печи и, конечно, иметь основные аварийные блокировки. При необходимости заменяются первичные датчики и исполнительные механизмы. Следует учитывать, что это не приводит к большому росту энергоэффективности печи;

– **установка канала регулирования давления в печи.** Достаточно недорогое мероприятие, которое позволяет поддерживать минимально необходимое давление в печи. Это улучшает расходные характеристики и позволяет избежать тепловых прострелов на внешние элементы, которые часто являются причиной выхода из строя всего агрегата;

– **замена теплоизолирующих элементов всей установки либо только свода на волокнистые теплоизоляционные системы.** Это мероприятие, существенно повышающее энергоэффективность печи и увеличивающее время эксплуатации между ремонтами. Плотность стандартных кирпичных огнеупоров составляет 1300 – 2100 кг/м³, а плотность волокнистых материалов – 120 – 200 кг/м³. Применение этих материалов позволяет снизить потери тепла теплопроводностью через футеровку и с аккумуляцией на 25 – 30 %, что обеспечивает экономию топлива до 15 %;

– **замена газогорелочной системы и системы управления печью.** Это во многих случаях позволяет расширить и улучшить технологические возможности оборудования и может быть рекомендовано для предприятий, где именно требования технологии и качества тепловой обработки сегодня являются основным вопросом. Качественное сжигание газа при интенсификации теплообмена в рабочем пространстве печей способно повысить производительность и равномерность нагрева металла. Интенсификация теплообмена возможна, прежде всего, за счет увеличения скорости движения газов в рабочем пространстве печей. Существующие устаревшие горелки обеспечивают скорости факелов 20 – 40 м/с. Новые конструкции скоростных горелок создают скорости порядка 150 – 200 м/с. Современные скоростные горелки являются автоматизированными конструкциями с индивидуальным управлением розжигом, контролем пламени и расходом газа и воздуха. Эти конструкции горелок могут оснащаться теплообменными аппаратами, встроенными непосредственно в корпус горелки, что позволяет поднять температуру подогрева воздуха горения до 600 – 900 °С. Практика применения таких горелок показала возможность экономии топлива от 30 до 50 %, с одновременным увеличением производительности печей на 20 % и снижением вредных выбросов ниже самых жестких норм предельно-допустимых концентраций;

– **установка рекуператоров и оснащение существующих печей рекуперативными системами.** Это мероприятие дает достаточно большой экономический эффект. При этом применение для утилизации теплоты печных газов малогабаритных, в частности, шариковых регенераторов представляет собой наиболее перспективное направление в развитии конструкций нагревательных печей. Шариковые регенераторы возвращают в печь 85 – 90% теплоты уходящих из печи газов. Температура подогрева воздуха примерно на 100⁰С ниже температуры дыма на выходе из печи, при этом расход топлива на печь сокращается в 1,5 – 2 раза;

– внедрение комплексной многоуровневой системы автоматического управления тепловыми режимами печей с использованием логических контроллеров обеспечивает полное

устранение «человеческого фактора» в управлении тепловым агрегатом. Это позволяет дополнительно экономить до 10 – 15 % топлива.

Список использованных источников

1. Реконструкция печного парка: реальный путь снижения энергопотребления – достойный выход из кризисной ситуации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки..** – Дата доступа: 19.02.2016.

2. Энергосбережение в термическом оборудовании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.rusmet.ru>. – Дата доступа: 19.02.2016.

УДК 621.74

Экологические проблемы литейного производства

Студентка гр. 10405312 Суханос Е.Н.
Научный руководитель – Трусова И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Во всем мире основой развития экономики является машиностроение, в продукции которого литейные детали составляют около 40%, а в некоторых видах машин до 70 – 80% их веса. При этом, как отмечено в работе [1], литейное производство влияет на экономику более значительно, чем другие отрасли, что приводит к необходимости в сложившихся экономических условиях начинать модернизацию не с обрабатывающих мощностей, а с обновления литейного производства, как базового. Такой путь прошли предприятия Турции, Польши, Китая, Бразилии, Болгарии, обеспечившие бурный рост экспорта отливок за последние годы.

В промышленности Республики Беларусь в настоящее время функционирует более 100 литейных участков и цехов. Как известно, производственные мощности формировались в основном в 60 – 70 годы прошлого века и в большинстве своем не отвечают современным требованиям по качеству получаемых литых изделий и нормам технической и экологической безопасности (выделение в воздух вредных веществ; повышенные запыленность и температура воздуха рабочей зоны; температура поверхностей оборудования, уровень шума и вибрации на рабочих местах и др.). Основные производственные фонды литейных цехов устарели: средний возраст оборудования более 25 лет, а зданий и сооружений более 50. Доля объемов литья, производимого с использованием современных технологий, составляет только около 23% [2].

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, 1,5 – 2 кг оксидов серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ (фенола, формальдегида, ароматических углеводородов, аммиака, цианидов).

Среди основных путей модернизации литейного производства следует выделить приоритетные инновационные технологии в литейном производстве, отвечающие современным требованиям и нашедшие практическое использование на заводах и в реальной экономике.

Другим мощным ресурсом модернизации является реализация стратегии энергоэффективности и энергосбережения. Так, например, в работе [1] отмечено, что по уровню производительности труда, например, Россия отстает от США и Евросоюза в 4 раза. Ресурсоёмкость продукции и технологий в основных отраслях промышленности в среднем выше в 3-7 раз, а энергоёмкость почти в 3 раза. Аналогичная ситуация в целом отмечается и на белорусских предприятиях.

К технологическим мероприятиям по модернизации литейного производства могут быть отнесены:

– на плавильных участках – замена вагранок индукционными печами средней частоты (при этом объём вредных выбросов сокращается: пыли и диоксида углерода в 13 раз, диоксида серы в 30 раз), оборудование действующих вагранок и дуговых сталеплавильных печей системами пылегазоочистки со степенью очистки в пределах ПДК;

– на формовочных и стержневых участках – создание и применение малотоксичных и нетоксичных составов смесей и оснащение формовочного и стержневого оборудования эффективными системами улавливания и нейтрализации выделяющихся вредностей;

– на обрубно-очистных участках – организация эффективной работы вентиляционных систем и утилизации твердых отходов, внедрение современного очистного и зачистного оборудования и ручного инструмента с пониженной вибрацией.

Из перечисленных мер следует особо выделить меры по экологической безопасности на стержневых участках, которые используют синтетические смолы в качестве связующих. По экспертной оценке, сегодня эти технологии дают до 70% загрязнений природной среды от литейных цехов.

Список использованных источников

1. Модернизация экономики – литейное производство региона. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.enginclub.ru>. – Дата доступа: 15.03.2016.

2. Литейное производство таит опасность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inform-progulka.by>. – Дата доступа: 15.03.2016.

УДК 669.17.046

Анализ методов внепечной обработки стали

Студент гр. 10405412 Свиридов И.М.

Научный руководитель – Менделев Д.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Внепечная обработка стали в настоящее время является неотъемлемой частью технологии производства, позволяющая получать сталь требуемого качества не только по легирующим элементам, но и по содержанию вредных примесей (серы, кислорода, водорода и др.).

Методы внепечной обработки стали могут быть условно разделены на простые (обработка одним способом) и комбинированные (обработка металла несколькими способами одновременно) [1].

К простым методам внепечной обработки стали относятся: обработка металла вакуумом; продувка инертным газом; обработка стали синтетическим шлаком в ковше; введение реагентов вглубь металла; продувка порошкообразными материалами. Основными недостатками перечисленных простых способов обработки стали являются: необходимость перегрева жидкого металла в плавильном агрегате для компенсации снижения температуры металла при обработке в ковше; ограниченность воздействия на сталь (только десульфурация или только дегазация и т.п.). Наилучшие результаты воздействия на качество стали достигаются при использовании комбинированных способов внепечной обработки стали, когда в одном или нескольких, последовательно расположенных агрегатах осуществляется ряд операций. Для их осуществления оказывается необходимым усложнять конструкцию ковша и использовать более сложное оборудование.

Внепечная обработка металла комбинированными методами может производиться в обычном сталеразливочном ковше с футеровкой из шамота и с вертикальным стопором; в сталеразливочном ковше с футеровкой из основных высокоогнеупорных материалов и стопором шибберного типа; в сталеразливочном ковше, снабженном крышкой; в сталеразливочном ковше, оборудованном для вдувания газа или газопорошковой смеси снизу, через смон-

тированные в днище устройства; в агрегате-ковше с крышкой (сводом), через которую опущены электроды, нагревающие металл в процессе его обработки; в агрегате типа конвертера с продувкой металла кислородом, аргоном, паром и т. д.

Многочисленные исследования показали, что, используя различные технологические процессы при внепечной обработке, возможно обеспечить глубокую десульфурацию, дегазацию, очищение от вредных примесей и включений, что приводит к существенному повышению технологических и служебных свойств сталей различных классов [2]. Предел текучести, удлинение, и ударная вязкость повышаются на 20-25%, снижается температура хрупковязкого перехода, повышается изотропность металла в толстых сечениях. Повышаются стабильность температуры стали в сталеразливочном ковше при разливке, жидкотекучесть более чем на 50%, трещиностойчивость на 20-60%, пластичность при горячей деформации, снижаются отклонения от среднего заданного содержания легирующих элементов, неоднородность металла в крупных слитках. Одновременно с этим повышается выход годного при горячей пластической деформации и литье. В докладе рассмотрены технологии и оборудование для осуществления процессов внепечной обработки, особенности использования операций при выплавке стали различного марочного состава, основные требования к проведению технологического процесса и пути развития внепечной обработки.

Основные направления развития внепечной обработки предусматривают [3]:

– введение в эксплуатацию двухстендовых агрегатов печь-ковш, обеспечивающих электродуговой нагрев с достижением заданного интервала температур и гомогенизацию расплава, десульфурацию, легирование, микролегирование, перемешивание инертным газом и др.;

– введение в эксплуатацию двух-, четырехпозиционных установок вакуумной дегазации RH с возможностями принудительного обезуглероживания и химического нагрева, подогрева футеровки вакуум-камеры и удаление гарнисажа после вакуумирования;

– использование промежуточного ковша установок непрерывной разливки стали для внепечной обработки. Широкое использование пористых керамических вставок для фильтрации неметаллических включений, применение электродугового нагрева для стабилизации температуры стали и освоения корректировки химического состава стали в промежуточном ковше;

– в цехах, не имеющих вакууматоров и печь-ковшей инжектирование (с целью десульфурации) плавящихся реагентов, обеспечивающих устойчивые показатели по десульфурации с исключением увеличения содержания водорода.

Помимо указанных направлений, при дальнейшем развитии методов внепечной обработки металла можно отметить следующие [4]:

– снижение продолжительности обработки металла вне печи за счет отказа от глубокой десульфурации (например, при производстве стали для нефте- и газопромысловых труб);

– оптимизация вакуумирования или отказ от этой операции при производстве стали для труб;

– повышение эффективности процесса микролегирования и модифицирования металла в ковше и на разливке с использованием комплексных модификаторов.

Список использованных источников

1. Внепечная обработка стали.– Черная металлургия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emchezgia.ru>. – Дата доступа: 11.03.2016.

2. Разработка технологии внепечной обработки хромоникелевых конструкционных сталей для энергомашиностроения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tekhnosfera.com>. – Дата доступа: 11.03.2016.

3. Концепция развития внепечной обработки и непрерывной разливки стали. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcena.ru>. – Дата доступа: 11.03.2016.

4. Голубцов, А.В. Внепечная обработка и модифицирование стали / А.В. Голубцов, Р.Г. Шубя, Р.Г. Усманов // Бюллетень «Черная металлургия». – 2006. – №11. – С. 47 – 51.

УДК 621.74

Плавка чугуна в вагранках и электрических печах

Студент гр. 10405412 Кухновец А.Д.
Научный руководитель – Кабишов С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технико-экономическая эффективность того или иного метода плавки может быть оценена относительной себестоимостью одной тонны жидкого чугуна, которая учитывает такие статьи затрат, как стоимость шихтовых материалов, огнеупоров, энергозатрат, стоимость содержания и эксплуатации оборудования, удельные капитальные вложения. В настоящее время основными агрегатами для выплавки чугуна в машиностроительном производстве являются вагранки, дуговые печи переменного и постоянного тока, а также индукционные печи.

Сравнение себестоимости 1 т чугуна в указанных печах показывает, что в дуговых печах переменного тока она в 2 раза выше, чем в газовых вагранках, в дуговых печах постоянного тока – в 1,8 раза, в индукционных печах – в 1,8 – 2,0 раза выше по сравнению с газовой вагранкой [1].

При оценке эффективности метода плавки следует учитывать технологию получения чугуна. Например, на этапе плавки эффективность коксовой вагранки и индукционной печи средней частоты примерно одинакова и несколько ниже, чем в электродуговой печи постоянного тока. На этапе выдержки эффективность индукционной печи средней частоты намного выше, чем вагранки и дуговой печи, поэтому в дуговых печах наиболее экономичным является использование в качестве второго плавильного агрегата индукционной печи.

С точки зрения потребления электроэнергии можно отметить, что установки средне-частотной плавки могут успешно конкурировать с традиционными плавильными агрегатами (коксовые и газовые вагранки, дуговые печи переменного и постоянного тока). Например, самой дешевой плавкой по энергозатратам является одиночная плавка в индукционной печи средней частоты.

Следует также отметить, что в индукционных печах возможно применение стружки черных металлов практически в любых количествах, что невозможно осуществить в вагранках.

Приоритетным направлением дальнейшего повышения эффективности индукционных плавильных систем является создание печей непрерывного действия, в которых достигаются постоянные во времени условия работы всех элементов конструкции [2]. Другим направлением разработки индукционных плавильных установок непрерывного действия является комплексное использование индукционных нагревательных и магнетогидродинамических агрегатов. Для обеспечения более интенсивной циркуляции расплава, а также придания расплаву других, не свойственных обычным ИТП, видов движения металла целесообразно совмещение ИТП с линейными асинхронными двигателями, которые могут обеспечить бесконтактное силовое воздействие на расплав, придавая ему поступательное, вращательное или любое другое движение в рабочем объеме тигля. Среди последних разработок можно отметить новые типы индукционных плавильных систем – турбоиндукционные тигельные печи (ТИТП) непрерывного и полунепрерывного действия [2].

Список использованных источников

1. Сравнение эффективности процессов СЭМ. Технико-экономические показатели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mydocx.ru>. – Дата доступа: 11.02.2016.

2. Индукционные системы и методы среднечастотной плавки черных металлов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirprom.ru>. – Дата доступа: 10.02.2016.

УДК 669.1

Дуговые сталеплавильные печи, особенности расчета

Студент гр. 10405412 Кротов А.А.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Дуговые сталеплавильные печи достаточно разнообразны как по назначению, так и по емкости, технологии выплавки, степени автоматизации, мощности и другим параметрам. В металлургической промышленности, как правило, используются высокоомощные печи емкостью от 100 до 200 т с трансформаторами мощностью 75 – 125 МВА, оснащенные водоохлаждаемыми элементами стен и свода, топливно-кислородными горелками и кислородными фурмами, устройствами для загрузки сыпучих материалов, донным и эркерным выпуском. В этих печах, как правило, производится выплавка полупродукта, а все остальные операции (доводка, легирование, рафинирование и т.д.) осуществляются на установках внепечной обработки. Во многих литейных цехах машиностроительных заводов используются ДСП небольшой емкости с кислой футеровкой. Дуговые печи имеют индивидуальное питание непосредственно от ЛЭП через электрические подстанции, основным элементом которой является преобразователь (печной понижающий трансформатор), обеспечивающий печь электроэнергией с требуемыми параметрами.

Расчет дуговой печи включает следующие разделы: материальный и тепловой баланс, определение основных геометрических размеров, электрический расчет печи, включая определение мощности трансформатора.

В зависимости от типа применяемой футеровки в дуговых печах происходят различные химические процессы, что влияет на особенности расчета материального баланса печи.

Методики расчет теплового баланса делятся на два типа. К первым относят методики, где расход электроэнергии определяется по разности между приходными и расходными статьями, а ко вторым методики, учитывающие показания счетчиков электроэнергии (неизвестным параметром в данном случае являются потери энергии с уходящими газами).

УДК 621.74

Экологические проблемы металлургического производства

Студентка гр. 10405312 Копылева В.В.
Научный руководитель – Кабишов С.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сталь, начиная с 70 годов XX века, является базовым конструкционным материалом всего промышленного производства. Большинство прогнозов развития мирового промышленного производства сохраняют за сталью ее значение. Однако есть и другие мнения, считающие вероятным развитие процесса замены стали цветными металлами, пластмассами и композиционными материалами. Тем не менее, основные прогнозы развития главных конструкционных материалов показывают, что взаимозамена этих материалов никак не повлияет на объемы производства стали, и сталь останется основным конструкционным материалом человечества в будущем.

Анализ динамики производства черных металлов показывает, что мировое производство стали в целом имеет устойчивую тенденцию роста. Так, за последнее десятилетие производство стали увеличилось с 1,146 млрд.т до 1,623 млрд.т в 2015 году. Среди основных стран-производителей стали можно выделить 10 стран, которые производят более 80% от всего объема, а именно: Китай, Япония, США, Индия, Россия, Южная Корея, Германия, Турция, Бразилия, Украина. При этом доля Китая в мировом производстве стали сегодня достигла практически 50 %.

Черная металлургия является одним из основных загрязнителей окружающей среды и занимает третье место после теплоэнергетики и автотранспорта. На долю металлургии приходится 20 – 25 % выбросов пыли, 25 – 30 % оксидов углерода, более половины оксидов серы и ряд других загрязнителей, выбрасываемых всеми предприятиями [1].

Безусловно, одним из направлений снижения экологической нагрузки на окружающую среду является снижение материало- и энергоемкости продукции, т.е. эти задачи необходимо решать комплексно. При модернизации металлургической отрасли в последнее время большое внимание уделяется строительству и вводу в эксплуатацию металлургических мини-заводов, к основным преимуществам которых по сравнению с интегрированными металлургическими предприятиями относится достижение высоких экологических показателей. Это предопределяется в первую очередь исключением загрязняющих и энергоемких переделов (агломерационного, коксового) и отсутствием собственных ТЭЦ, которые имеются на предприятиях с полным циклом, а также применением современных систем очистки выбросов и высокого уровня автоматизации. Загрязнение воздушной среды для металлургического мини-завода снижается на 80 %, водного бассейна – на 76 % по сравнению с крупными металлургическими предприятиями.

В работе также рассмотрены основные технологические приемы снижения выбросов и сбросов, методы их очистки, обезвреживания и возможности их дальнейшего использования как в самой металлургии, так и в других отраслях промышленности. При этом в зависимости от используемых технологических процессов (предприятия с полным металлургическим циклом либо металлургические мини-заводы) было уделено внимание наиболее неблагоприятным переделам с точки зрения экологии.

Одним из факторов повышения экологичности черной металлургии (для всех типов металлургических предприятий) является совершенствование системы управления охраной окружающей среды. В развитых странах природоохранное законодательство и общественное мнение вынуждают сталелитейные компании инвестировать значительные средства в защиту окружающей среды. Так, например, в Германии вкладывают от 20 до 27 долл. США на тонну проката, в США – от 12 до 15 долл. США [1]. При этом большая часть средств на зарубежных металлургических предприятиях идет на совершенствование систем газо- и водоочистки, а оставшиеся средства используются для подготовки твердых отходов к переработке. В качестве примера можно привести тот факт, что прибыль от рециклинга отходов нередко превышает 10 долл. США на тонну проката.

Таким образом, при комплексном решении материало-, энерго-, и экологических задач в черной металлургии необходимо сегодня делать ставку на мероприятия по охране окружающей среды, встроенные в производственный процесс. При этом наряду с вопросами экономики в число показателей, характеризующих деятельность предприятий, целесообразно включать экологические критерии.

Список использованных источников

1. Новикова, Г.В. Теория и практика общественного развития / Г.В. Новикова, О.А. Миролубова. – 2013. – №2. – С. 210 – 214.

Студент гр. 10405412 Лещенок В.В.
 Научный руководитель – Ратников П.Э.

Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В настоящее время доля электростали в мировом объеме производства составляет 32%. При этом в последнее десятилетие доля электростали составляла 34%, т.е. отмечается тенденция к уменьшению доли. Это объясняется тем, что основной мировой производитель Китая наращивает производство стали в основном за счет конвертерного производства. Если же не учитывать Китай, то за последние 20 лет доля электростали выросла с 30 до 45%.

Основным направлением развития электросталеплавильного производства является интенсификация процесса выплавки. При этом используют различные способы интенсификации плавки [1]:

- топливно-кислородные горелки;
- применение газообразного кислорода;
- использование жидкого чугуна;
- предварительный подогрев лома за счет физической теплоты уходящих газов;
- дожигание СО в рабочем пространстве печи;
- вспененный шлак;
- донная или глубинная продувка ванны инертным газом и др.

Среди указанных способов наибольший интерес, по нашему мнению, представляют использование жидкого чугуна и предварительный подогрев лома за счет теплоты уходящих газов.

Следует отметить, что в ДСП переплавляют шихту, состоящую из лома и жидкого чугуна, в любых экономических обоснованных количествах (при наличии жидкого чугуна, что возможно в условиях крупного металлургического предприятия) [2]. Применение жидкого чугуна позволяет сократить расход электроэнергии примерно на 5 кВт·ч/т при добавлении 1% жидкого чугуна к шихте (рисунок 1), повысить чистоту полупродукта по цветным примесям, но в то же время приводит к значительному увеличению расхода извести (из-за высокого содержания в чугуне углерода, марганца и кремния).

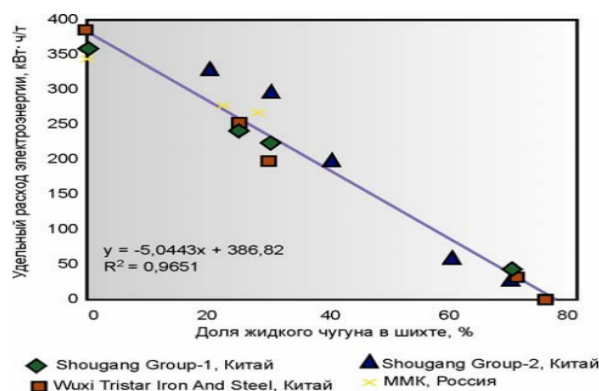


Рисунок 1 – Влияние доли жидкого чугуна на расход электроэнергии

К настоящему времени в мировой практике накоплен опыт использования в ДСП до 70 – 80% жидкого чугуна в шихте, что позволяет снизить расход электроэнергии до 20 – 50 кВт·ч/т.

Среди установок с предварительным подогревом лома наибольшее распространение получили шахтные ДСП (разработка компании Siemens VAI). К настоящему времени, по данным [2], в мире функционирует 21 ДСП шахтного типа этой компании. Показатели работы шахтных печей с удерживающими пальцами достаточно высокие:

- подогрев лома (в количестве 100%) до 750 – 850°C;
- время плавки и доводки – 35 минут;
- экономия электроэнергии до 100 кВт·ч/т;
- экономия электродов до 30%;
- сокращение выброса пыли на 25%;
- прирост производительности до 40%.

Несмотря на достоинства и довольно высокую экономию энергии (70–100 кВт·ч/т), шахтные печи обладают рядом недостатков, которые не позволяют использовать их в странах с жесткими требованиями к составу вредных веществ в выбросах промышленных предприятий без существенного усложнения конструкции газоочистки. Для решения этой проблемы была разработана система газоочистки, в которую входят камера дожигания с автоматической регулировкой температуры, камера быстрого охлаждения (“закалки”) газов и камера вдувания адсорбентов. Такая газоочистка позволила вписать процесс в экологические нормы, но требует вводить дополнительно около 10–15 кВт·ч/т энергии.

Список использованных источников

1. Гудим, Ю.А. 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 // Бюл.: Черная металлургия. – 2013. – №3. – С.72 – 88.

УДК 621.74

Промышленная безопасность на предприятиях

Студент гр. 10405312 Калацкий К.С.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В работе рассмотрены нормативные документы по промышленной безопасности, действующие на территории Республики Беларусь, а также отдельные вопросы в области международного регулирования.

Следует отметить, что в настоящее время система промышленной безопасности в Беларуси подкреплена детально разработанной законодательной базой. Основным документом в этой области является Закон Республики Беларусь от 10 января 2000 г. №363-З «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Настоящий закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий аварий. Учитывая актуальность промышленной безопасности, которая становится по значимости сравнимой с проблемами охраны окружающей среды и вопросами сохранения мира, законодательная база в этой области постоянно совершенствуется. В течение последних лет закон о промышленной безопасности Республики Беларусь претерпевал изменения и с 15 июля 2016 года вступает в силу новая редакция закона.

Государственный надзор в Республике Беларусь в области промышленной безопасности осуществляется Департаментом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям (Госпромнадзор).

Анализ зарубежной практики в области промышленной безопасности показал, что за рубежом не принято разделять сферы охраны труда, экологии, промышленной безопасности и промышленной гигиены [1]. Часто специалист в компании одновременно отвечает за все эти вопросы. На крупном предприятии это отдельная служба, но все равно она решает перечисленные вопросы в комплексе. Устоявшееся название такой службы – EHS (Environment, Health and Safety), что в русском языке пока не имеет своего короткого эквивалента. Услуги правового сопровождения для специалистов такой службы называются EHS консалтингом.

В работе [2] отмечается, что в современных условиях нельзя создать современную систему менеджмента успешно функционирующего предприятия без учета вопросов промышленной безопасности. Наиболее эффективным способом совершенствования управления предприятием в настоящее время является внедрение интегрированных систем менеджмента, созданных исходя из требований международных стандартов: ISO 9000 (качество), ISO 14001 (охрана окружающей среды), SA 8000 (управление персоналом), OHSAS 18000 (охрана труда и промышленная безопасность), IDEF (информационное обеспечение) и некоторых других. При этом одним из наиболее важных и сложных моментов создания интегрированной системы менеджмента организации является распределение полномочий и ответственности между персоналом.

Решение вопросов промышленной безопасности на современном уровне возможно внедрением на предприятиях международных стандартов менеджмента промышленной безопасности. Создание систем менеджмента промышленной безопасности и охраны труда на большинстве предприятий мира находится в начальной стадии. Так, стандарт OHSAS 18001 для сертификации систем менеджмента промышленной безопасности и охраны труда официально был введен в апреле 1999 года. Он включает основные принципы британского стандарта BS 8800. OHSAS 18001 был специально разработан совместимым со стандартами систем менеджмента ISO 9001:1994 и ISO 14001, чтобы облегчить интеграцию систем менеджмента качества, безопасности и здоровья персонала и экологического менеджмента. Основной целью стандарта OHSMS 18001 является предотвращение и контроль возможных опасностей на рабочем месте, обеспечение постоянного процесса совершенствования системы менеджмента для сокращения рисков промышленных опасностей.

Одним из важнейших моментов совершенствования системы безопасности предприятий является участие Беларуси в работе Межгосударственного совета по промышленной безопасности, в состав которого входят в основном страны СНГ. На ежегодных заседаниях совета рассматриваются такие вопросы, как изменения в законодательстве государств-участников Соглашения по вопросам обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах и деятельности в этом направлении в течение года; ход выполнения Плана мероприятий Межгосударственного совета по промышленной безопасности; опыт проведения совместных контрольно-профилактических проверок на сложных опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли; опыт национальных надзорных органов в области промышленной безопасности по организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, эксплуатирующих поднадзорные объекты; сотрудничество совета с Секретариатом Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий и др.

Список использованных источников

1. Экозакон. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecozakon.ru>. – Дата доступа: 9.02.2016.

2. Малков, А.В. Интегрирование систем обеспечения промышленной безопасности в общую систему менеджмента организации / А.В. Малков // Менеджмент в России и зарубежом. – 2003. – №6.

Магистрант Кобрин П.А.

Научный руководитель – Кабишов С.М.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Основным критерием выбора горелочных устройств для нагревательных и термических печей является способность данных устройств удовлетворять общим требованиям, изложенным в соответствующей нормативной и технической документации. В общем случае конструкция горелки и режим ее работы должны обеспечивать:

- 1) максимальную энергоэффективность процесса сгорания топлива;
- 2) соблюдение экологических норм по количеству и составу выбросов;
- 3) возможность автоматического управления при плавном либо ступенчатом режиме регулирования;
- 4) безопасность эксплуатации.

Получение максимального теплового эффекта при сжигании топлива требует минимизации избытка воздуха и увеличения начальной температуры исходной смеси топлива с окислителем. Последнее достигается путем рекуперации теплоты уходящих газов для подогрева воздуха и/или топлива.

Одним из наиболее важных требований является низкий уровень выбросов NO_x в продуктах сгорания. Для решения этой задачи в настоящее время применяют такие способы организации процесса горения, как FLOX и др. [1].

Суть таких технологий заключается в распределенной подаче топлива и/или окислителя в факел и активной рециркуляции продуктов горения в зону горения. Это приводит к «размыванию» фронта горения в пространстве и тем самым исключает возможность возникновения локальных зон с высокой температурой, что и способствует резкому уменьшению количества образующихся оксидов азота.

Для того, чтобы обеспечить возможность автоматического управления горелочным устройством и безопасность его эксплуатации, а также соблюдение экологических требований, необходимо контролировать ряд параметров. Кроме того, некоторые из этих параметров, например, расход топлива и коэффициент избытка воздуха являются управляемыми. Согласно [2] система АСУ ТП должна обеспечивать регистрацию и хранение данных следующих функций:

- $f_1 = f_1(B)$ – расход газа;
- $f_2 = f_2(p_{нач})$ – давление газа в месте его подведения;
- $f_3 = f_3(t'_e)$ – температура воздуха, подаваемого на горение;
- $f_4 = f_4(t'_d)$ – температура уходящих газов;
- $f_5 = f_5\left(n_{co_2}, n_{co}, n_{o_2}\right)$ – содержания CO_2 , CO и O_2 в уходящих газах (по возможности);

▪ $f_6 = f_6(p_{окр})$ – давление в топочной камере и на входе в дымовую трубу.

Список использованных источников

1. Пилипенко, Р.А. Новые эффективные газогорелочные устройства для промышленных печей / Р.А. Пилипенко, А.В. Пилипенко // Теплотехника и энергетика в металлургии: сборник трудов XV Международной конференции, Днепропетровск, 7 – 9 октября 2008 г. / НМетАУ; редкол.: О.В. Гупало. – Днепропетровск, 2008. – С. 173 – 174.

2. Тимошпольский, В.И. Концепция реконструкции и модернизации парка нагревательных печей металлургических и машиностроительных предприятий Республики Беларусь: от теории к практике (проблемные вопросы) / В.И. Тимошпольский, М.Л. Герман // Литье и металлургия. – 2007. – № 2. – С. 21 – 28.

УДК 621.74

Решение проблем экологии в цветной металлургии

Студентка гр. 10405312 Денисенко Е.С.

Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Растущее значение цветной металлургии обусловлено увеличением количества видов металлов не только тяжелых и легких, но и редких и рассеянных. Так, например, в начале XX века использовалось всего лишь 15 видов металлов, в середине XX века – уже около 30, а в настоящее время – более 70.

Цветные металлы делятся по их физическим свойствам и назначению на несколько групп:

- тяжелые – медь, свинец, цинк, олово, никель;
- легкие – алюминий, магний, титан, литий и др.;
- малые – висмут, кадмий, сурьма, мышьяк, кобальт, ртуть;
- легирующие – вольфрам, молибден, тантал, ниобий, ванадий;
- благородные – золото, серебро, платина и платиноиды;
- редкие и рассеянные – цирконий, галлий, индий, таллий, германий, селен и др.

Учитывая многообразие производства цветных металлов и сплавов, цветная металлургия характеризуется чрезвычайным разнообразием принципиально различных производств, методов, процессов, оборудования и аппаратуры. Свои особенности имеет и воздействие на окружающую среду, что в первую очередь связано с используемым в отрасли сырьем. Каждый из способов получения цветных металлов оказывает в той или иной мере негативное воздействие на окружающую среду. При имеющихся различиях в технологии и воздействии цветной металлургии на окружающую среду и человека можно выделить несколько проблем, являющихся общими для отрасли в целом. Все предприятия цветной металлургии являются источниками поступления в окружающую среду опасных (токсичных, канцерогенных) веществ, в первую очередь тяжелых металлов. Цветная металлургия является крупным источником выбросов в атмосферный воздух диоксида серы (более 80% суммарных выбросов отрасли, или около 20% его выбросов всей промышленностью), диоксида азота, оксида углерода, пыли, фторидов, бенз(а)пирена и других веществ [1].

Кроме того, для цветной металлургии характерны высокая материало- и энергоемкость производства (для производства никеля, например, требуется до 55 т топлива на 1 т готовой продукции; для цинка – до 3 т; черновой меди – до 3,5 т; глинозема – до 12 т; для производства 1 т алюминия требуется до 17 тыс. кВт·ч электроэнергии, 1 т титана – до 20-60 тыс. кВт·ч,

магния – до 20 тыс. кВт·ч), многокомпонентность сырья и необходимость его комплексного использования, потребность в значительной территории, высокая концентрация производства.

К особенностям сырьевой базы цветной металлургии следует также отнести [2] крайне низкое в количественном отношении содержание полезных компонентов в сырье (медные – от 1 до 5%, свинцово-цинковые – от 1,5 до 5,5%, никелевые – от 0,3 до 5,5%, оловянные – от 0,01 до 0,7%, молибденовые – от 0,005 до 0,04%). Практически для получения, например, 1 т меди требуется переработать не менее 100 т руды, никеля – до 200 т, олова – до 300 т. Расход сырья на 1 т готовой продукции в сотни раз превосходит объем готового изделия, а при производстве редких металлов – в десятки и даже сотни тысяч раз.

В перспективе главной задачей горно-обогачительных и металлургических производств должна стать минимизация поступления металлосодержащих отходов в отвалы за счет снижения потерь металлов на всех технологических циклах: от добычи и обогащения до металлургического передела. Сегодня на долю добычи и металлургии приходится около 40 % потерь, на долю обогащения – более 75 %. Средневзвешенные потери металлов колеблются от 22 до 52 %, причем для полиметаллических – 25-35, а редкометалльных – 30-52 % [3].

Анализ современного состояния охраны воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами пылегазовыбросов в зоне влияния производств свинца, цинка, меди, алюминия и других цветных и черных металлов, системы нормирования выброса загрязняющих веществ в атмосферу и контроля соблюдения установленных нормативов допустимого выброса позволяют определить основные направления работ с целью исключения имеющихся недостатков и обеспечения коренного улучшения защиты атмосферы от загрязнения вредными веществами:

1. Необходим переход на прогрессивные технологические процессы, позволяющий резко сократить объем образующихся газов и осуществить полную утилизацию диоксида серы. Например, в производстве первичного свинца к числу таких процессов и аппаратов относится КИВЦЭТная технология переработки полиметаллического сульфидного сырья в комплексе с примыкающим непосредственно к газоохладителю агрегата электрофильтром для высокозапыленных сернистых газов без аппаратов предварительного грубого пылеулавливания, с последующей утилизацией диоксида серы. Она позволяет обеспечить минимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу: свинца в пыли – 0,06 кг/т свинца, диоксида серы – 4,7 кг/т свинца.

2. Главным способом защиты атмосферного воздуха от загрязнения пылегазовыми выбросами свинцовых и цинковых заводов остается очистка пылегазовыделений перед их поступлением в воздушный бассейн в пылегазоулавливающих установках и последующее рассеивание в атмосфере с помощью высоких дымовых труб.

3. Поскольку интенсивное развитие открытого способа добычи руд черных и цветных металлов в последние годы привело к негативным экологическим последствиям, в дальнейшем проблемы аэрологии и экологии карьеров как составной части общей стратегии охраны окружающей среды на ГОКах невозможно рассматривать без учета технологического, технического, социально-гигиенического и экономического аспектов. В этой связи аэрология и экология карьеров должна представлять собой совокупность научных проблем, объединенных в рамках экосистемы «карьер-окружающая среда-человек» с учетом единого механизма деятельности горнорудного предприятия.

Список использованных источников

1. Экологические проблемы промышленности и пути их решения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lektcii.com>. – Дата доступа: 9.02.2016.

2. Характеристика и размещение цветной металлургии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ref.by>. – Дата доступа: 9.02.2016.

3. Пути улучшения экологической обстановки в области добычи и переработки руд черных и цветных металлов, урановых руд. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://articlekz.com>. – Дата доступа: 9.02.2016.

Перспективы применения современных сплавов сопротивления в нагревательных и термических печах

Магистрант Заноско О.А.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В настоящее время вопрос выбора материала для изготовления новых или замены существующих нагревательных элементов в электропечах сопротивления различных типов (термические и плавильные печи, сушильные камеры и т.п.) и промышленных нагревателях является весьма актуальным.

Исторически, сплавы сопротивления прошли несколько основных этапов развития:

1. Нихромы (сплавы Ni-Cr и Ni-Cr-Fe) известны с начала XX века и применялись широко как в промышленности, так и в бытовых приборах до 40-х – 50-х годов.

2. Фехрали (сплавы Fe-Cr-Al) стали применяться с 30-х годов наряду с нихромами.

По сравнению с нихромами они имеют улучшенные характеристики:

- более высокая температура применения;
- больший срок службы при высоких температурах;
- меньшую удельную плотность сплава;
- меньшую стоимость.

Однако широкому применению фехралей вместо нихрома препятствовали плохие механические свойства, а именно, низкая пластичность в исходном состоянии (что важно при изготовлении нагревательных элементов), а также резкое уменьшение пластичности сплава при эксплуатации (что важно при работе и ремонте нагревательных элементов).

3. Современные многокомпонентные сплавы Fe-Cr-Al-Si-Mn-Zr-Ti-Y известны под названиями фирм производителей: Kanthal, Resistohm, Aluchrom, и др. имеют базовый состав близкий к фехралям (Fe-Cr-Al), однако, за счет комплексного легирования различными элементами Si, Mn, Zr, Ti, Y, Ce и другими, снижения содержания углерода в несколько раз, а также технологическим особенностям изготовления производителям удалось создать материалы с отличным комплексом физических, механических и эксплуатационных свойств:

- высокая рабочая температура эксплуатации;
- больший срок службы при высоких температурах;
- низкая удельная плотность сплава;
- хорошие механические свойства (в частности, высокое значение пластичности);
- отсутствие сильного роста зерна и межкристаллитного разрушения сплавов при повышенных температурах;
- приемлемая стоимость.

Сегодня почти все отечественные предприятия еще применяют нихром и фехраль для изготовления нагревателей в промышленных печах. Тогда, как в мире их доля в этом секторе составляет менее 3 %, а в общем потреблении сплавов сопротивления – до 15 %. К настоящему моменту все ведущие мировые производители промышленных печей используют для изготовления нагревательных элементов только современные многокомпонентные сплавы Fe-Cr-Al-Si-Mn-Zr-Ti-Y, так как они обладают существенными преимуществами.

В отличие от нихромов:

1. Высокая рабочая и максимальная температура применения:

$$T_{max} = 1200 - 1350 \text{ } ^\circ\text{C}, T_{\text{плавл.}} = 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Срок службы больше в 2–3 раза при работе при температурах выше 1100 °С. Пример: при T=1100 °С срок службы «Резистом Р» как минимум в 2,8 раза выше чем X20H80, атмосфера – воздух.

3. Плотность ниже, чем у нихрома (7,1-7,2 г/см³ против 8,4 г/см³ у X20H80). Экономия на материале составляет 17 % по весу.

4. Выше удельное электросопротивление 1,39–1,45 Ом·мм²/м против 1,12 для X20H80, что приводит к экономии на материале.

5. Выше значение допустимой поверхностной мощности q (4 Вт/см² против 2 Вт/см² для X20H80 при T=1000 °С).

Приведенные в п. 3, 4, 5 преимущества позволяют экономить на материале для нагревательных элементов 20–30% по весу в сравнении с X20H80.

6. Отличная стойкость в воздушной среде, вакууме, аргоне, серосодержащих и СО-содержащих атмосферах, водяном паре, парах алюминия.

7. Низкое значение интеркристаллитного окисления.

8. Высокое значение предела ползучести, что уменьшает вероятность провисания элементов.

9. Хорошие механические свойства: высокий предел текучести, хорошая пластичность при комнатной температуре (удлинение более 21%).

10. Низкое стабильное значение ТКЭС.

11. Небольшая зависимость электросопротивления от различных видов теплового воздействия и холодного деформирования.

12. Цена ниже, чем у нихромов.

В отличие от фехралей:

1. Существенно большая пластичность (удельное удлинение) при комнатной температуре: более 21% против 10-12% у классических "фехралей".

2. Более высокая пластичность сплава после эксплуатации при высоких температурах.

3. Сниженное значение интеркристаллитного окисления.

4. Снижение размера зерна, как в исходном состоянии, так и замедленный рост зерна при эксплуатации при высоких температурах – стабильность функциональных свойств.

5. Хорошая свариваемость сплавов.

Превосходные свойства этих материалов обусловлены, в частности, тем, что на их поверхности образуется высокопрочная пленка Al₂O₃ светло-серого цвета, которая является отличным изолятором и более эффективно предотвращает коррозию по сравнению с оксидом хрома (Cr₂O₃), образующимся на поверхности нихромов. Пленка оксида хрома менее устойчива, быстрее отслаивается и испаряется (интенсивное испарение при 1100 °С), что приводит к сокращению срока службы нагревателя. Таким образом, промышленные печи, изготовленные на основе футеровки из легковесных волокнистых огнеупоров в комплекте с нагревателями из современного сплава, позволяют сократить время выхода на рабочий режим, а также значительно снизить потребление электроэнергии и эксплуатационные затраты по сравнению с печами на основе кирпичной футеровки с нагревателями из нихрома.

УДК 669.1

Экологические проблемы черной металлургии

Студент гр.10405312 Булыга С.Д.

Научный руководитель – Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Существующие в настоящее время металлургические процессы производства чугуна, стали и различных видов металлопродукции связаны с образованием большого количества вредных веществ в виде газообразных и твердых отходов, а также сточных вод.

В современной металлургии различают два направления развития:

- совершенствование технологий и оборудования на предприятиях с полным металлургическим циклом;
- строительство металлургических мини-заводов.

Анализ существующей литературы показал, что металлургические мини-заводы обладают существенными экологическими преимуществами. Достижение высоких экологических показателей обеспечивается за счет исключения вредных и энергоемких переделов (агломерационный, коксовый, которые в обязательном порядке присутствуют на предприятиях с полным циклом), использования современных систем очистки уходящих газов и сбросов, высокого уровня автоматизации, что, в свою очередь, обеспечивает высокую управляемость технологическими процессами. Загрязнение воздушной среды для металлургического мини-завода снижается на 86%, а водной – на 76% по сравнению с предприятием полного цикла [1].

В работе выполнен анализ экологических проблем на примере предприятий с полным металлургическим циклом. Показано, что наиболее вредным переделом является аглодоменное производство. Отходящие газы этого производства содержат частицы тяжелых металлов, в основном железа, а также другие, в частности, свинца, соединения хлоридов, оксиды серы, оксиды азота, хлористого водорода, фтористого водорода, углеводородов, окиси углерода, а также значительное количество следов ПАУ и диоксины и фураны.

Вместе с тем, несмотря на развитие и внедрение альтернативных способов получения чугуна (Cогex, Finex и др.), в среднесрочной перспективе доменное производство по-прежнему будет оставаться доминирующим процессом. При этом его развитие и совершенствование предполагает, прежде всего, решение экологических проблем. В качестве примера можно привести ввод в сентябре 2011 г. на Ново-Липецком металлургическом комбинате уникальной доменной печи «Россиянка», в которой воплощены современные технические решения, обеспечивающие высокопроизводительный, ресурсосберегающий, максимально автоматизированный и экологически безопасный процесс выплавки чугуна.

Рассмотрены вопросы использования доменных печей малой и средней производительности для условий металлургического мини-завода, обеспечивающие высокие экологические показатели. В частности, в работе [2] на основе комплексной оценки видов металлошихты для производства стали в условиях металлургических мини-заводов показано, что вариант с доменной печью имеет максимальный рейтинг и удовлетворяет всем основным условиям металлургического комплекса.

Список использованных источников

1. Тимошпольский, В.И. Современные подходы при проектировании и строительстве металлургических заводов последнего поколения / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова // Литье и металлургия. – 2011. – №4. – С. 76 – 84.

2. Лазуткин, А.Е. Концепция модернизации металлургических мини-заводов / А.Е. Лазуткин, А.Г. Чижиков, А.Е. Семин // Электротехнология. – 2011. – №8. – С. 2 – 9.

УДК 669.1

Использование вторичных энергетических ресурсов в металлургических технологиях

Студент гр. 10405412 Краснопевцев Д.В.

Научный руководитель – Трусова И.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основные потребители энергоресурсов в черной металлургии – доменное (до 40 %) и прокатное (до 17 %) производства. Такое состояние с энергоемкостью продукции диктует необходимость целенаправленной политики использования вторичных энергоресурсов.

Стратегические подходы связаны, как правило, с реконструкцией производства, внедрением новых энергосберегающих технологических процессов, рациональным использованием ВЭРов.

За последние двадцать лет удалось добиться значительного (более чем на 30 %) сокращения расходов энергоресурсов в металлургии. Такого результата удалось добиться, в том числе, и за счет утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР) [1]. Для предприятий стран СНГ одной из определяющих причин широкого применения ВЭРов является существенно более высокие расходы топливно-энергетических ресурсов на единицу продукции по сравнению с промышленно развитыми странами. Например, энергозатраты большинства российских и белорусских металлургических предприятий на производство литой стали по сравнению со среднемировыми показателями на 50 % выше; на производство стального проката – на 80 – 100 %. Кроме того, за счет использования ВЭР многие предприятия могут полностью обеспечить собственные потребности в теплоте и частично в электрической энергии. Экологические аспекты использования ВЭР не менее значимы, так как снижение количества неиспользуемых энергетических отходов уменьшает затраты на их обезвреживание и загрязнение окружающей среды.

Анализ путей использования ВЭР является составной частью энергетического обследования предприятия и, как правило, является одной из основных задач энергоаудита [2].

Целью данных исследований является определение объема выхода вторичных энергетических ресурсов на различных стадиях металлургического производства и оценка возможностей их использования, выявление дополнительных резервов экономии топлива и разработка предложений по улучшению использования ВЭР в металлургии. Известно, что максимальное вовлечение ВЭР в хозяйственный оборот предприятия обеспечивает более рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, уменьшение загрязнения окружающей среды и, в целом, повышение эффективности производства (и, как следствие, увеличение материальных активов) [3].

Необходимо отметить, что для решения поставленной задачи необходимо выявить и оценить:

- агрегаты, установки, являющиеся источниками ВЭР;
- виды ВЭР и их потенциал;
- выход каждого вида ВЭР по агрегату и в целом по предприятию;
- возможные направления использования и способы утилизации ВЭР;
- возможную выработку энергии за счет ВЭР;

Для оценки эффективности использования вторичных энергоресурсов в металлургии, приведем некоторые примеры.

Так, при охлаждении 1 кг нагретого металла с 900 °С до 200 °С в окружающее пространство рассеивается до 350 кДж теплоты, т.е.

$$Q = c(t_1 - t_2)m = 0,5 \cdot (900 - 200) \cdot 1 = 350 \text{ кДж}$$

За год общее количество потерь составляет 24 710 000 ГДж. Следовательно, при объеме производства 45 тыс. т заготовок в год можно вернуть в производство до 11 млн. МВт энергии. В случае, когда охлаждение выполняется сухим насыщенным паром при давлении 0,1 МПа и температуре $t = 100$ °С с начальной энтальпией $i = 2674,9$ кДж/кг, а в результате нагрева от раскаленного металла получается перегретый пар при таком же давлении и с температурой $t = 200$ °С, имеющий энтальпию $i = 2875$ кДж/кг, то количество перегретого пара составит 1,75 кг. Объем пара увеличится в 1,3 раза, а процесс будет аналогичен процессу получения перегретого пара в котельном агрегате.

Таким образом, наглядно показана целесообразность использования вторичных энергетических ресурсов. Результат проведенного анализа свидетельствует об огромном потенциа-

ле неиспользуемых ВЭР в черной металлургии. Поэтому необходимо более внимательно и детально рассматривать вопросы утилизации теплоты.

Список использованных источников

1. Колобков, П.С. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии / П.С. Колобков, В.Д. Осипенко. – Киев: Техника, 1979. – 168 с.
2. Розенблит, Г.И. Энергоэффективность на предприятиях черной металлургии / Г.И. Розенблит // Деловая слава России. – 2006. – № 4. – С. 13 – 16.
3. Яворский, Ю.В. Повышение эффективности ТЭЦ-ПВС металлургического комбината при использовании парогазовых установок / Ю.В. Яворский.: М, 2007. – 20 с.

УДК 621.74

Направления совершенствования тепловой работы камерных топливных печей для нагрева крупнотоннажных слитков

Студент гр.10405412 Кузьмин Е.Ф.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из наибольших потребителей топливно- энергетических ресурсов является горно-металлургический комплекс, в котором значительная часть топлива используется в нагревательных печах. Действующие нагревательные и термические печи металлургии и машиностроения нуждаются в повышении эффективности использования топлива и качества нагрева металла. Основными направлениями энергосбережения при нагреве слитков в камерных печах перед прокаткой являются: возврат в печь до 80 % теплоты уходящих дымовых газов путем нагрева воздуха в рекуператорах или регенераторах с высокой удельной поверхностью теплообмена; использование теплоты жидкой сердцевины слитков при завершении процесса их затвердевания в нагревательной печи. Регенеративное отопление камерной печи благодаря реверсу продуктов горения способствует повышению качества нагрева изделий и получает все большее распространение в последнее время.

Понятие качества нагрева включает в себя равномерность температурного поля по поверхности каждого изделия (отсутствие локальных участков перегрева) и стандартный нагрев всех изделий, находящихся в рабочем пространстве печи. С другой стороны, основной сложностью использования современных регенеративных систем подогрева воздуха в сочетании с традиционным способом сжигания топлива является наличие в печи высокотемпературного факела, который негативно влияет на равномерность и стандартность нагрева, а также приводит к повышенному образованию оксидов азота. Чем выше температура подогрева воздуха в регенераторах, тем выше энергетическая эффективность печи, но при этом больше вероятность местного перегрева металла и неравномерности его структуры и свойств. В связи с изложенным актуальным направлением научных исследований является совершенствование способов сжигания топлива в регенеративных печах и режимов нагрева слитков с жидкой сердцевиной с целью повышения качества и энергоэффективности тепловой обработки металлоизделий.

Наиболее актуальны следующие научные направления модернизации нагревательных печей, которые должны обеспечить:

– более высокое качество нагрева изделий, а именно равномерность и стандартность нагрева на основе управления процессами движения газов и сжигания топлива в камере печи, в частности, путем разработки новых горелочных устройств для сжигания топлива при высокотемпературном подогреве воздуха;

– сокращение расхода энергии на нагрев изделий путем глубокой утилизации теплоты уходящих дымовых газов на уровне 80 – 90 % с применением компактных регенераторов, а также путем сохранения теплоты предыдущего передела.

Как показано в работе [1], стандартность и равномерность нагрева изделий в камерных печах достигается путем приближения работы печи к режиму «идеального перемешивания», который характеризуется равномерным по объему рабочей камеры температурным полем печных газов, являющихся источником тепла. Температурное поле газов формируется под действием двух факторов распределения тепловой мощности по объему печи:

- распределение источников теплоты от сжигания топлива;
- распределение полученной дымовыми газами теплоты от сжигания топлива и энтальпии топлива и воздуха на входе в печь путем движения газов от горелок к дымовым окнам.

Вторая задача совершенствования камерных топливных печей состоит в повышении эффективности использования топлива, качественной характеристикой которой служат такие показатели, как коэффициент полезного действия печи (КПД) по использованию теплоты топлива, коэффициент использования теплоты топлива (КИТ) [2], удельный расход условного топлива.

Основные мероприятия, способствующие повышению КПД печей, известны из литературы:

- повышение температуры подогрева воздуха, используемого для сжигания топлива, за счет утилизации теплоты уходящих дымовых газов [3];
- повышение производительности печей путем улучшения равномерности нагрева изделий и качества сжигания топлива;
- снижение потерь теплоты через кладку печи благодаря использованию эффективных волокнистых огнеупоров и теплоизоляционных материалов [4];
- снижение теплового дефицита процесса путем предварительного подогрева изделий или использования внутренней теплоты, полученной изделиями в предыдущем переделе [5];
- выбор оптимальной тепловой мощности, соответствующей минимуму удельного расхода топлива.

Наиболее существенное значение для повышения КПД камерных нагревательных печей имеет первое из указанных мероприятий – утилизация теплоты уходящих из печи газов для повышения температуры подогрева воздуха и топлива, а также снижение теплового дефицита слитков, за счет использования теплоты предыдущего передела.

Список использованных источников

1. Губинский, В.И. Теория пламенных печей / В.И. Губинский, Лу Чжун-У. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
2. Семикин, И.Д. Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов / И.Д. Семикин, С.И. Аверин, И.И. Радченко. – М.: Металлургия, 1965. – 391 с.
3. Розенгарт, Ю.И. Экономия топлива в промышленных печах при подогреве воздуха и использовании кислорода / Ю.И. Розенгарт // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1994. - № 4. – С. 60 – 62.
4. Губинский, В.И. Энергосбережение при эксплуатации садочной печи периодического действия / В.И. Губинский, Т.Н. Шемет // Металлургическая теплотехника. Сб. научн. тр. НМетАУ. - Днепропетровск: НМетАУ, 2004. – С. 116 – 121.
5. Дубина, О.В. Разработка режимов нагрева крупнотоннажных слитков с повышенным теплосодержанием / О.В. Дубина, В.И. Тимошпольский, В.И. Губинский, В.М. Ольшанский, И.А. Трусова, Э.О. Цкитишвили, Н.М. Омесь, С.М. Кабишов // Металлургическая теплотехника. – 2002. – Т. 7. – С. 116 – 123.

Угар легирующих элементов в индукционной печи

Студент гр. 10405412 Шенец С.Л.
 Научный руководитель – Кабишов С.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Проблеме угара легирующих элементов при плавке стали и чугуна в индукционных тигельных печах повышенной частоты (ИТППЧ) в технической литературе уделяется недостаточно внимания. В то же время, принимая во внимание, что в машиностроении и литейном производстве большая часть сплавов производится именно в ИТППЧ, суммарные потери легирующих достигают весьма значительных объемов. По данным [1] в печах с основной футеровкой угар элементов следующий: вольфрама около 2 %,- хрома, марганца и ванадия - 5 – 10 %, кремния – 10 – 15 %, титана 25 – 35; в печах с кислой футеровкой: угар марганца составляет 10 %, кремний практически не угорает, угар вольфрама и молибдена около 2 %, хрома 5 %.

В условиях унитарного предприятия «Литье» были проведены плавки в индукционной печи YR – 120 с кислой футеровкой, характеристики печи представлены в таблице 1. Целью опытных плавки было определение фактического угара легирующих элементов. Химический состав выплавляемых сплавов представлен в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристика печи YR – 120

Номинальная мощность, кВт	120
Макс. производительность, кг/час	200
Расход э/энергии, кВт·ч/тонну	580
Рабочая частота, кГц	1÷5
Мин. загрузка, кг	40
Продолжительность непрерывной работы, ч	До нагрева охлаждающей воды выше 38 °С

Таблица 2 – Химический состав исследуемых сплавов, %

№	Сплав	C	Si	Mn	Ni	V	Mo	Cu	Cr	P	S	Al	Ti
1	ЖЧХЗ	3-3,8	2,8-3,8	1,0	0,2	<0,15	<1,0	<0,04	2-3	0,3	<0,12	<0,1	0
2	Сталь 25Л	0,22-0,3	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0	0	0,25	0,25	<0,035	<0,035	<0,01	0

В результате химического анализа установили, что угар элементов для сплава ЖЧХЗ составил: углерод (C) – 10%, кремний (Si) – 15%, марганец (Mn) – 15%, никель (Ni) – 2%, ванадий (V) – 10%, молибден (Mo) – 2%, хром (Cr) – 2%. Для стали 25Л: углерод (C) – 2%, кремний (Si) – 27%, марганец (Mn) – 8%, никель (Ni) – 2%, ванадий (V) – 1%, молибден (Mo) – 2%, хром (Cr) – 2%.

Анализ полученных результатов показывает, что фактические потери легирующих отличаются от данных [1] и по некоторым позициям их превышают. Одной из возможных причин, например, повышенного угара кремния при выплавке стали 25Л может быть начальная окисленность шихты либо значительная продолжительность контакта расплава с атмосферой при перемешивании в процессе плавки. Следовательно, необходимы дополнительные исследования с целью выявления действительных причин повышенного угара и корректировки существующих технологий плавки стали и чугуна в ИТП.

Список использованных источников

1. Поволоцкий, Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Поволоцкий Д.Я. [и др.] // М.: Metallurgy, 1974. – 551 с.

УДК 621.78.012.5

Математическая модель индукционного нагрева ограниченных цилиндрических заготовок

Магистрант Цыкунов П.Ю.

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

Нагрев электромагнитными источниками (индукционный нагрев) получил повсеместное распространение в металлургической промышленности, постепенно вытесняя традиционный нагрев, использующий теплоту сжигания природного топлива. Несмотря на то, что электричество, по сути, вырабатывается преобразованием тепловой энергии (на ТЭЦ), появление альтернативных источников электроэнергии делает индукционный нагрев все более привлекательным с точки зрения следующих преимуществ: полная или частичная автоматизация и компьютеризация, точный и скоростной нагрев, избирательный (локальный) нагрев, низкое образование окалины, экологичность и др.

В мире существуют множество программ, позволяющих моделировать процессы нагрева металла. Из более мощных выделяют ANSYS и COMSOL, из более простых и доступных на территории СНГ – Universal 2D.

Нагрев заготовок круглого сечения может быть реализован с использованием численных методов решения задачи на основе модели следующего вида:

$$c(T)\rho(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} \lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \lambda \left[(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right];$$

$$T = T(r; \varphi; z; 0);$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < r < R; 0 \leq \varphi \leq \pi; \\ 0 \leq z \leq h; \tau \geq 0 \end{array} \right. ,$$

где T – текущая температура в точке;

r, φ, z – текущие значения радиуса, угла, продольного размера соответственно;

$\rho(T), c(T), \lambda(T)$ – плотность, теплоемкость, теплопроводность материала цилиндра.

Граничные условия формируются исходя из понятия о скин-слое заготовки. В результате эффекта уменьшения амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды, переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется неравномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое (скин-слое). Т.к. этот слой очень тонкий то, пренебрегая его толщиной, получим начальное значение температуры T_1 на поверхности заготовки.

Сеточная модель цилиндра представлена на рисунке 1 [1], где K_φ и K_z обозначают исходный контур (штриховая линия), необходимый при расчетах нагрева от окружающей среды, от которого при индукционном нагреве полностью отказываются:

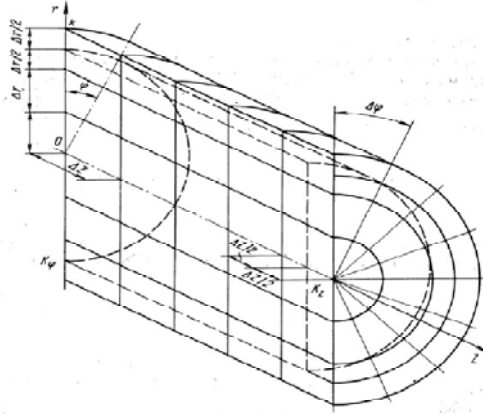
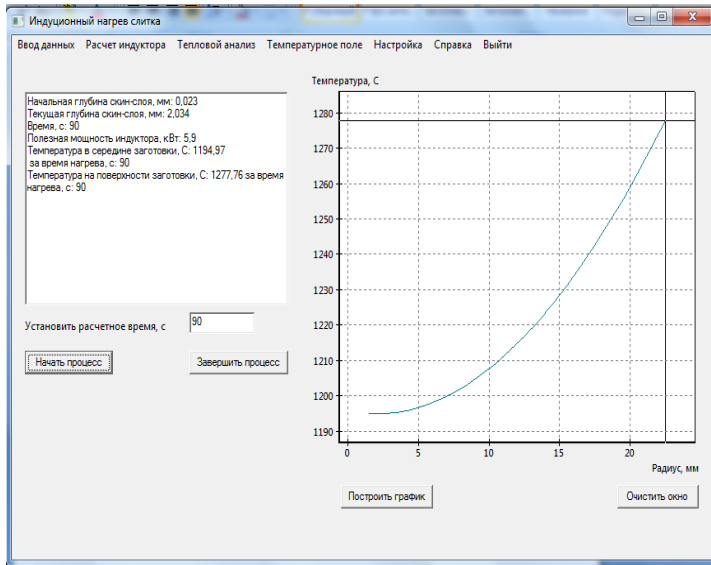


Рисунок 1 – Сеточная модель цилиндра

Реализация численного решения предлагаемой задачи выполнено в виде программного компонента, с использованием среды разработки Lazarus.

Значения теплофизических свойств в расчетах температурного поля определены как функции от температуры.

Корректность работы программного модуля проверена в соответствии с экспериментом, проведенным в [2]. На рисунке 2 представлено сравнение полученных результатов работы программы (а) с данными эксперимента (б) заготовки диаметром 45 мм:



а)

d , мм	τ , с	ρ_{01} , Вт/см ²	d , мм	τ , с	ρ_{01} , Вт/см ²
$f = 6000$ Гц					
15	5	505	45	90	82
20	7,5	400	50	125	67
25	13,5	300	60	227	—
30	22,5	205	70	405	—
35	35	149	80	650	—
40	58	108			
$f = 2000$ Гц					
40	30	195	75	207	58
45	45	162	80	250	51
50	58	133	90	345	40
55	77	110	100	460	33
60	102	93	120	850	24
65	132	78	140	1340	17
70	167	68	160	1910	13
$f = 500$ Гц					
70	97	190	110	320	53
75	115	143	120	420	43
80	136	116	130	600	34
85	157	100	140	775	28
90	181	87	150	985	23
95	207	76	160	1200	20
100	240	68			

б)

Рисунок 2 – Сравнение работы программы с результатами эксперимента

Список использованных источников

1. Тимошпольский, В.И. Кольцевые печи: Теория и расчеты / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова, М.Я. Пекарский; под общ. ред. В.И. Тимошпольского. – Мн.: Выш.шк., 1993. – 248 с.
2. Безручко, И.И. Индукционный нагрев для объемной штамповки / И.И. Безручко. – П.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1987. – 128 с.

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

Механизм формирования сварного соединения алюминия и стали при контактной точечной сварке

Студент гр. 10403114 Фигурин Ф.К.

Научный руководитель – Демченко Е.Б.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рассмотрен следующий механизм формирования сварного соединения при сварке алюминия и стали с использованием промежуточного биметаллического материала (переходника), изготовленного в процессе прокатки из тех же материалов (алюминий–сталь) что и свариваемые заготовки.

На рисунке 1 представлена макроструктура зоны сварного соединения «алюминий–переходник–сталь» с использованием биметаллической прокладки при следующих параметрах режима сварки: $I_{св}=12$ кА; $t_{св}=0,24$ с; $P=500$ н.

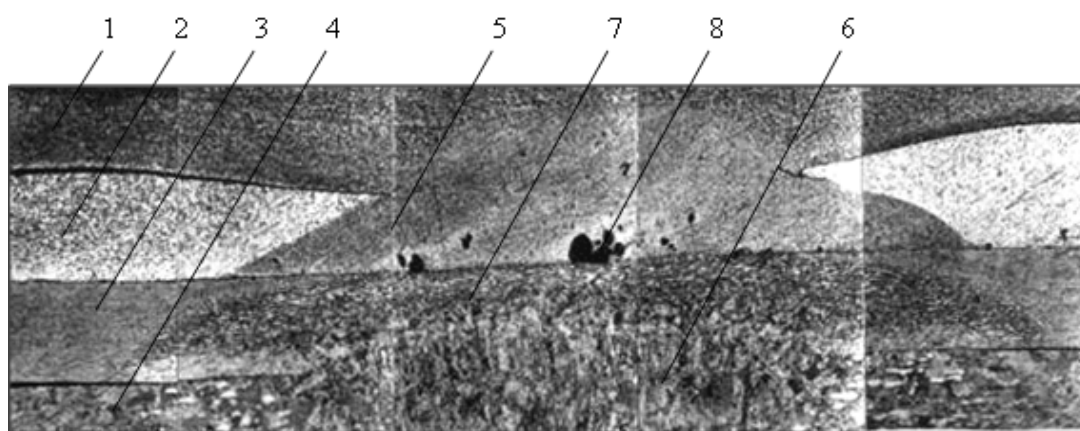


Рисунок 1 – Макроструктура сварочной зоны шва «алюминий-переходник-сталь» режим сварки: $I_{св}=12$ кА; $t_{св}=0,24$ с; $P=500$ н ($\times 50$)

Механизм формирования сварного шва соединения «алюминий-переходник-сталь» представлен на рисунке 2.

Анализ механизма формирования показал следующее. При нагреве места соединения «алюминий-переходник-сталь» в процессе сварки до температур $T=(660\dots 690)$ °С, что несколько выше температур плавления алюминия в контакте «алюминий–сталь» переходника, со стороны стальной пластины 3, образуется сварочное ядро 5 расплавленного алюминия (рисунок 2,а). Причиной образования ядра является высокое электрическое сопротивление, и как следствие высокая температура, контакта на границе соединения алюминиевой 2 и стальной 3 пластин переходника. Одновременно, происходит разогрев места соединения переходника со сталью и образование зоны термического влияния 7.

При повышении температуры соединения до значений близких к температурам плавления стали $T_{лик}=(1490\dots 1520)$ °С (рисунок 2,б) происходит быстрый рост сварочного ядра 5 и сплавление его с алюминиевой пластиной 1. В этот момент также начинает образовываться расплавленное ядро 6 стали на границе между стальной пластиной переходника 3 и нижней стальной пластиной 4 и продолжается рост зоны термического влияния 7 в месте контакта стальных пластин.

В процессе кристаллизации расплава сварочных ядер 5 и 6 и охлаждения сварного соединения (рисунок 2,в) определяется область зоны термического влияния стали 7 и формируются весьма значительные полости 8 на границе «алюминий–сталь» переходника. Эти полости представляют собой газовые раковины, образовавшиеся, по-видимому, в результате

изменения агрегатного состояния расплавленного алюминия, наблюдающегося при температурах, близких к температурам кипения. Однако температура плавления стали $T_{лик}$ и, следовательно, температура расплавленного алюминия на границе «алюминий-сталь» ниже температуры кипения алюминия $T_{кип}^{Al}=2450\text{ }^{\circ}\text{C}$.

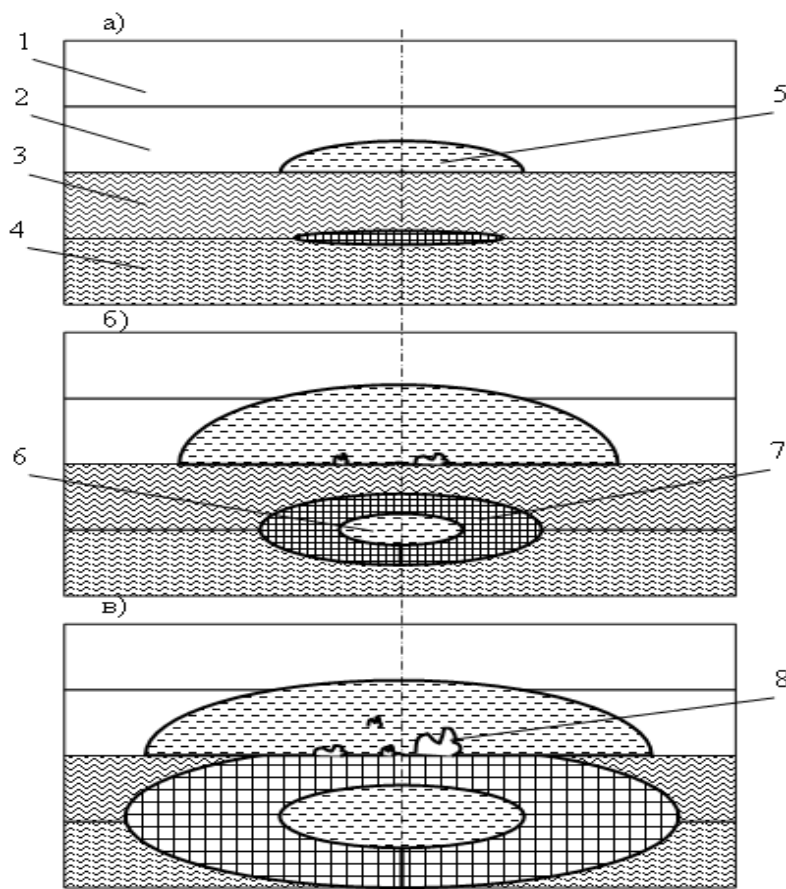


Рисунок 2 – Механизм формирования сварного шва соединения «алюминий-переходник-сталь»

Поэтому объяснением образованию полостей является то, что в зоне сварки имеют место весьма существенные удельные давления, создаваемые при пластическом деформировании пластин и составляющие в зависимости от режима сварки $P_{уд}=(50...200)\times 10^5\text{ н/м}^2$. Совместное действие температуры и давления, очевидно, и являются теми факторами, которые приводят к образованию полостей на границе соединения «алюминий-сталь» промежуточных переходников.

УДК 621.791

Лазерная сварка – прогрессивный процесс соединения материалов

Студент гр.10403114 Яркевич Е. В.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

При лазерной сварке нагрев и плавление металла осуществляется лазерным лучом оптического квантового генератора (ОКГ). Лазерный луч по сравнению с обычным световым лучом обладает рядом свойств – направленностью, монохроматичностью и когерентностью.

Благодаря направленности лазерного луча его энергия концентрируется на сравнительно небольшом участке. Например, направленность лазерного луча может в несколько тысяч раз превышать направленность луча прожектора. Если обычный «белый» свет состоит из лучей с различными частотами, то лазерный луч является монохроматичным – имеет определенную частоту и длину волны. За счет этого он отлично фокусируется оптическими линзами, поскольку угол преломления луча в линзе постоянен.

Когерентность – это согласованное протекание во времени нескольких волновых процессов. некогерентные колебания светового луча обладают различными фазами, в результате чего могут погасить друг друга. Когерентные же колебания вызывают резонанс, который усиливает мощность излучения.

Благодаря вышеперечисленным свойствам лазерный луч может быть сфокусирован на очень маленькую поверхность металла и создать на ней плотность энергии порядка 10^8 Вт/см² – достаточную для плавления металла и, следовательно, сварки.

Для лазерной сварки обычно используются следующие типы лазеров:

- твердотельные;
- газовые – с продольной или поперечной прокачкой газа, газодинамические.

В твердотельных лазерах в качестве активного тела используется стержень из рубина, стекла с примесью неодима (*Nd-Glass*) или алюмо-иттриевого граната, легированного неодимом (*Nd-YAG*) либо иттербием (*Yb-YAG*). Луч лазера выходит через частично прозрачное зеркало, предварительно многократно отражаясь внутри рубинового стержня и таким образом усиливаясь. Мощность твердотельных лазеров относительно невелика и обычно не превышает 1–6 кВт. Твердотельными лазерами в связи с их небольшой мощностью свариваются только мелкие детали небольшой толщины, обычно объекты микроэлектроники. Например, привариваются тончайшие выводы из проволок диаметром 0,01–0,1 мм, изготовленные из тантала, золота, нихрома. Возможна точечная сварка изделий из фольги с диаметром точки 0,5–0,9 мм. Лазерной сваркой выполняется герметичный шов катодов кинескопов современных телевизоров.

Более мощными являются газовые лазеры, в которых в качестве активного тела используют смесь газов, обычно CO_2+N_2+He .

Наиболее мощными являются газодинамические лазеры. Для работы используются газы, нагретые до температуры 1000–3000 К. Такой лазер мощностью $N = 100$ кВт позволяет, например, сваривать сталь толщиной 35 мм с очень высокой скоростью, около 200 м/ч.

Классические виды сварки преимущественно осуществляются с существенным перегревом. Лазерные методы обработки позволяют избежать подобных последствий и существенно снизить затраты присадочных материалов. Локальный нагрев позволяет получить зону термического влияния толщиной не более 2–3 мм, и избежать коробления конструкции. Высокая скорость сварки позволяет уменьшить остаточные напряжения и, в итоге, избежать образования трещин при сварке и исключить негативное влияние перегрева на коррозионные свойства металла.

В авиакосмической промышленности, судостроении, транспортном машиностроении и других отраслях промышленности при изготовлении целого ряда ответственных изделий часто бывает необходимо применять сварку разнородных материалов: подобные соединения возникают при изготовлении несущих алюминиевых элементов фюзеляжа, крыльев самолетов, судовой и топливной арматуры из алюминия со стальным корпусом, топливных баков, соединения медно-никелевого сплава с углеродистой сталью при изготовлении холодильных установок, испарителей, сосудов давления и т.п. Задача сварки разнородных материалов технологически достаточно сложна. Это связано с металлургическими особенностями формирования швов таких соединений при сварке плавлением. Многие сочетания разнородных металлов: медь/алюминий, алюминий/сталь, алюминий/титан, титан/сталь, железо/ниобий и др. имеют ограниченную взаимную растворимость. В авиастроении требуется применять сварку алюминиевых сплавов со сталями и сплавами на основе титана и меди. Сварка алюминиевых

сплавов с другими материалами сопровождается рядом трудностей: большая разница в теплопроводности ведет к интенсивному теплоотводу в сторону алюминия, что препятствует образованию качественного сварного соединения. В связи с указанными трудностями только некоторые виды сварки подходят для соединения таких разнородных материалов. В данном случае лазерная сварка является одним из наиболее перспективных методов в сравнении с другими методами сварки разнородных материалов, поскольку не требует применения дополнительных материалов, специальной обработки кромок, а также обладает высокой скоростью сварки (до 4 м/мин).

Лазерная сварка является актуальной технологией для соединения термопластов в промышленности. Несмотря на то, что большинство пластиков прозрачны для лазерного излучения диодного лазера, сварка возможна за счет комбинации прозрачных и непрозрачных пластиков, при этом зона высоких температур ограничена областью контакта. При этом поверхность прозрачного пластика не подвержена деструкции. При сварке прозрачных пластиков необходимо использовать поглощающие добавки. Дополнительный контроль температуры активной зоны обеспечивает высокое качество технологического процесса.

Внедрение технологий лазерной сварки позволяет повысить качество сварных соединений, уменьшить тепловложение и уровень остаточных напряжений и деформаций сварной конструкции, снизить трудозатраты на последующую обработку конструкции, повысить производительность сварочного процесса. Локальность нагрева и высокие скорости обработки, характерные для лазерной сварки позволяют получать сварные швы с минимальной зоной термического влияния. Высокие скорости нагрева и охлаждения материала при лазерной сварке обеспечивают возможность получения равнопрочных сварных соединений не только однородных, но и разнородных материалов, а также полимерных материалов. Наличие глубокого проплавления снижает количество проходов при сварке толстостенных конструкций и позволяет проводить сварку без разделки кромок.

Вместе с тем, недостатками лазерной сварки являются высокая сложность и стоимость оборудования, низкий КПД лазеров. По мере развития лазерной техники эти недостатки устраняются.

УДК 621.791.052:621.791.65

Модернизация технологического процесса сварки трансформаторного бака типа ТМПН

Студент гр. 104811 Сахно А.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель данной работы усовершенствовать существующий технологический процесс сварки данного трансформаторного бака на данном предприятии, улучшить экономические показатели, уменьшить опасные факторы, воздействующие на здоровье и трудоспособность рабочих.

Описание трансформатора

Трехфазные масляные трансформаторы серии ТМПН, ТМПНГ с первичным напряжением 0,38 кВ предназначены для питания погружных электронасосов добычи нефти в условиях умеренного (от + 40 °С до - 45 °С) или холодного климата (от + 40 °С до - 60 °С) климата. Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Высота установки над уровнем моря не более 1000 м.

Номинальная частота 50 Гц. Регулирование напряжения осуществляется на полностью отключенном трансформаторе (ПБВ).

Трансформаторы ТМПН - с маслорасширителями, внутренний объем трансформаторов сообщается с окружающим воздухом.

Для измерения температуры верхних слоев масла в трансформаторах предусматривается гильза для установки термометра.

Для удобства перемещения в условиях эксплуатации трансформаторы ТМПН, ТМПНГ мощностью до 400 кВ-А снабжены салазками.

В трансформаторах ТМПН с жесткими (гладкими) баками предусматривается защита сливной пробки от несанкционированного слива масла.

Устройство трансформаторного бака.

При сварки трансформаторного бака применяется два вида сварки: механизированная в среде углекислого газа и автоматическая под слоем флюса. Материал, применяемый в детали: сталь Ст3 ПС.

Сам бак трансформатора представляет собой стальной резервуар, чаще всего овальной формы. К его дну приварена вертикальная обечайка, охватываемая у верхнего торца рамой.

К раме болтами прикреплена крышка. На дне бака установлена выемная часть трансформатора. Бак заполнен трансформаторным маслом.

Анализ данных предприятия по сварке трансформаторного бака типа ТМПН

В результате анализа существующего технологического процесса в проектный вариант следует внести следующие изменения:

– замена механизированной сварки в среде углекислого газа: CO_2 , на сварку в смеси состава: $\text{Ar} + \text{CO}_2$ ($\text{Ar} 82\% + \text{CO}_2 18\%$):

Преимущества использования газовых смесей ($\text{Ar} + \text{CO}_2$):

- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание на 70-80%;
- улучшение качества сварного шва (снижение пористости и неметаллических включений);
- уменьшение зоны термического влияния, вследствие этого уменьшение деформации конструкции;
- сокращение потребления электроэнергии и материалов на 10-15%;
- снижение количества прилипания брызг в области сварного шва и вследствие этого сокращение трудоемкости по их удалению до 95%;

– замена аппаратов для механизированной сварки с полуавтомата ПДГ-202 на сварочный аппарат TransSteel 3500 фирмы FRONIUS инверторного типа, в котором мы можем контролировать время и параметры сварки, тем самым подбирать нужные оптимальные значения.

– замена сварочной проволоки Св-08ГА на сварочную проволоку Св-Г2С-О (Св-08Г2С-О. «О» – Омедненная проволока. Применяется для автоматической и механизированной сварки низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей в газовой смеси ($\text{Ar} 80-82\% + \text{CO}_2 18-20\%$) и в чистом CO_2 (углекислом газе) при сварке под флюсом, которая по своим характеристикам является более лучшей и универсальной;

- замена в сборочно-сварочных приспособлениях более опасных элементов;
- улучшенная вентиляционная система.

В заключении доклада можно сделать вывод о том, что технологический процесс приобретет некую модернизацию оборудования, в нем будут применяться современные технологии соответствующие мировым стандартам.

Отсюда следует: конкурентоспособность данной детали как промышленного товара на мировом рынке услуг строительства и машиностроения, значительно, укрепит свои позиции и соответственно, будет приносить большую прибыль.

Улучшение факторов влияющих на работоспособность и здоровье персонала вызовет большую популярность в данном предприятии на профессии (инженер-технолог в области

сварки, сварщик) с помощью которых осуществляется производство трансформаторного бака.

УДК 621.791.03

Влияние прижимных устройств на деформации и напряжения сварной конструкции

Студент гр. 104811 Степуко С.И.
Научный руководитель – Снарский.А.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сварка металлоконструкций вызывает температурные и усадочные напряжения, способные нарушить не только геометрию изделия, но и геометрию самой технологической оснастки. Поэтому сварочная оснастка должна способствовать уменьшению сварочных деформаций, возникающих в металлоконструкциях в процессе сварки.

Способы борьбы со сварочными деформациями без предварительной оценки эффективности их применения могут в каждом конкретном условиях привести к бесполезной затрате труда и средств на изготовление оснастки, а также к усложнению технологии.

Одним из способов уменьшения сварочных деформации является отвод теплоты от свариваемого изделия в технологическую оснастку (корпус приспособления, зажимы и опорные элементы).

Для обеспечения интенсивного теплоотвода необходимо, чтобы изделие при сварке было в закреплённом состоянии (т. е. чтобы изделие внешней нагрузкой прижималось к недеформируемому основанию).

В этом случае упругопластическая зона в изделии уменьшается, а, следовательно, уменьшаются и остаточные деформации в нем, причем интенсивный отвод теплоты в технологическую оснастку может быть лишь при плотном, во многих точках, прилегании элементов металлоконструкции к оснастке. Для изделий, в которых сварные швы расположены по линии центров, применение этого способа малоэффективно.

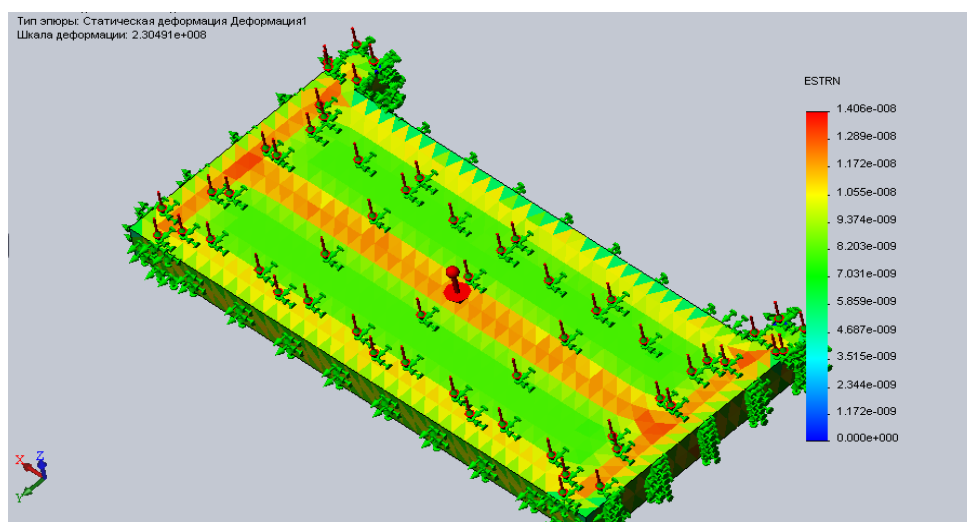


Рисунок 1 – Деформации в сварной конструкции (борт задний, автомобиль МАЗ)

Наряду с технологическими средствами повышения точности сварной конструкции большое значение имеет правильность конструкции приспособления, в котором устанавливается и закрепляется конструкция при сборке и сварке.

В ходе выполнения дипломного проектирования была поставлена задача: провести модернизацию применяемого при сборке и сварке приспособления.

Объектом исследований являлось стандартная сварная конструкция-борт задний, автомобиль МАЗ-5551.

Было проведено моделирование процессов (поля деформаций и поля напряжений), протекающих в указанной сварной конструкции при ее сварке с установкой в приспособлении, имеющем определенно расположенные зажимы.

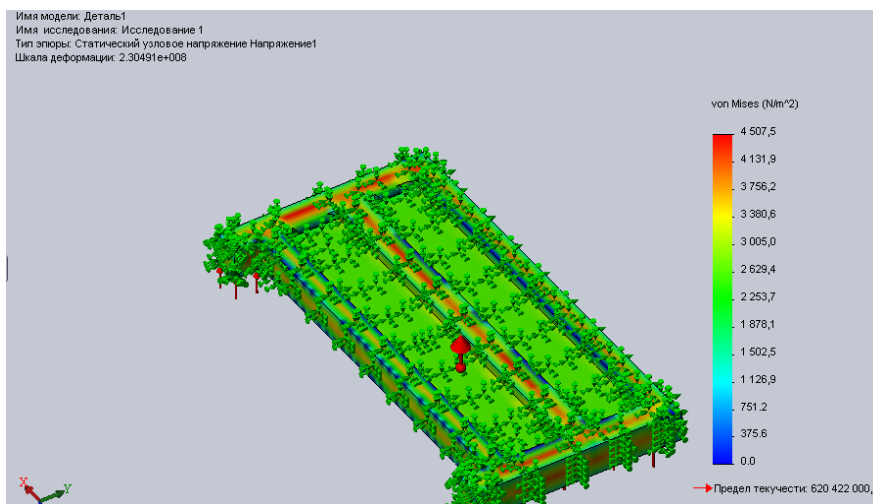


Рисунок 2 – Напряжения в сварной конструкции (борт задний, автомобиль МАЗ)

Моделирование проводилось с использованием пакета программ SolidWorks 2012 x64 Edition.

Основная цель данной работы было сделать визуализацию напряжений и деформаций в свариваемой и закрепленной конструкции с целью оптимальной модернизации применяемого приспособления в части расположения прижимов.

Использовался простой принцип: чем меньше красного и желтого цвета – тем оптимальнее схема закрепления (рисунок 1, 2).

Благодаря применению указанной методики можно эффективно модернизировать практически любые приспособления, что гарантирует минимизацию напряжений и деформаций, а, соответственно, повысит качество изготавливаемой сварной конструкции.

Указанный метод и наглядный пример его реализации (рисунки 1, 2) использован при подготовке дипломного проекта.

УДК 621.791.14.03

Принципы реализации и особенности сварки трением с перемешиванием

Магистрант Специан М.В.,
студенты: гр. 10403115 Специан И.В., гр. 10403112 Ивко Я.В.
Научный руководитель – Голубцова Е.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Метод получения сварных соединений, получивший название «сварка трением с перемешиванием» (СТП) был разработан Британским институтом сварки (TWI) в 1991 г. Интенсивное изучение данного процесса, направленное на совершенствование технологии и оборудования, позволило внедрить данный способ за рубежом в производство высокотехнологичных изделий в таких отраслях как вагоно-, судо-, авиастроение и многих других. Сварка

трением с перемешиванием относится к процессам соединения материалов в твердой фазе и поэтому лишена недостатков, связанных с расплавлением и испарением металла.

Для сварки используют инструмент в форме стержня, состоящий из двух основных частей, а именно: заплечика или бурта (утолщенная часть) и наконечника или пина (выступающая часть). Размеры этих конструктивных элементов выбирают в зависимости от толщины и материала свариваемых деталей. Длину наконечника устанавливают приблизительно равной толщине детали, подлежащей сварке. Диаметр заплечика может изменяться от 1,2 до 25 мм. Вращающийся с высокой скоростью инструмент в месте стыка вводится в соприкосновение с поверхностью заготовок так, чтобы пин внедрился в заготовки на глубину, примерно равную их толщине, а заплечик коснулся их поверхности. После этого инструмент перемещается по линии соединения со скоростью сварки.

В результате работы сил трения происходит нагрев металла до пластического состояния, перемешивание его вращающимся инструментом и вытеснение в освобождающееся пространство позади движущегося по линии стыка инструмента. Объем, в котором формируется шов, ограничивается сверху заплечиком инструмента. По окончании сварки вращающийся инструмент выводят из стыка за пределы заготовки. В связи с асимметрией структуры швов в поперечном сечении сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, принято различать сторону набегания, где направление вращения инструмента совпадает с направлением сварки, и противоположную сторону – отхода.

СТП применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего алюминиевых и магниевых сплавов. С помощью СТП сваривают алюминиевые сплавы толщиной до 75 мм за один проход. Сварка трением с перемешиванием позволяет получать нахлесточные соединения алюминиевых листов толщиной от 0,2 мм. Основными параметрами процесса СТП являются: скорость сварки, частота вращения инструмента, геометрия инструмента, усилия прижатия и перемещения инструмента, угол наклона инструмента. Усилия прижатия и перемещения зависят от типа свариваемого материала, его толщины и скорости сварки. При увеличении скорости сварки необходимо увеличивать скорость вращения инструмента для достижения оптимальных условий. Однако для полного отсутствия дефектов, а также для обеспечения всех необходимых свойств, надежности и технологичности необходимо строго выбирать режимы, оптимально подходящие для определенной продукции.

Сварка трением с перемешиванием по сравнению с другими способами сварки имеет ряд преимуществ:

- в зоне сварки лучше сохраняются свойства основного металла по сравнению со способами сварки плавлением;
- отсутствуют вредные испарения и ультрафиолетовое излучение в процессе сварки;
- возможность получения бездефектных швов на сплавах, которые при сварке плавлением склонны к образованию горячих трещин и пористости в швах;
- не требуется использование присадочного материала и защитного газа, удаление поверхностных оксидов на кромках перед сваркой, а также шлака и брызг после сварки;
- отсутствие потерь легирующих элементов металла при его сварке.

Предполагается, что из-за невысокого уровня температур процесса, остаточные напряжения низкие. Но жесткое закрепление налагает большие ограничения на деформацию пластин. Это препятствует сокращению металла при охлаждении зоны динамической рекристаллизации и зоны термического влияния (ЗТВ) в продольном и в поперечном направлении, приводя к поперечным и продольным остаточным напряжениям. Высокие растягивающие напряжения преобладают в ЗТВ. Величина остаточных напряжений уменьшается при снижении скорости сварки и скорости вращения инструмента. Максимальные значения продольных растягивающих напряжений достигают значений $30 \div 60\%$ предела текучести сварного соединения и $20 \div 50\%$ предела текучести основного металла.

Макроструктура сварных соединений при сварке трением с перемешиванием характеризуется особенностями, не свойственными швам, полученным способами сварки плавлением. Типичным для СТП является образование в центре соединения ядра, которое содержит овальные концентричные кольца, различающиеся структурой. К ядру примыкает сложный профиль, который образует верхнюю часть шва. Образование овальных колец связывается с особенностями перемешивания металла наконечником инструмента. Твердость металла уменьшается в направлении от основного металла к центру шва, и минимальное значение достигается в ЗТВ. Снижение твердости в ЗТВ происходит за счет перестаривания, уменьшения плотности дислокаций либо за счет обоих этих механизмов. В качестве недостатка сварки трением с перемешиванием, отмечают образование в конце шва отверстия, равного диаметру наконечника, что требует выведения шва за пределы рабочего сечения заготовки или заполнения отверстия после сварки с помощью других методов, таких как сварка трением специальных пробок.

Совершенствование технологии и оборудования позволяет преодолевать существующие недостатки, а также расширить области применения способа. Хотя сварка трением с перемешиванием применяется в основном для стыковых и нахлесточных швов, возможно также получение угловых, тавровых, точечных швов. Точечную сварку трением с перемешиванием можно реализовать двумя способами. Первый способ – это точечная сварка погружением (PFSW). При этом вращающийся инструмент погружается в деталь, доводя до пластического состояния и перемешивая металл под заплечиком. После этого инструмент поднимается, оставляя характерное углубление в детали. Второй способ – точечная сварка трением с заполнением шва (RFSW). Для этого способа используют инструмент, у которого наконечник и заплечик имеют отдельные системы привода. Вращающийся инструмент опускается в деталь, при этом наконечник выдавливает и перемешивает находящийся под ним металл, а после он убирается, и металл под заплечиком заполняет углубление, и, таким образом, получается шов без отверстия.

Сварочный инструмент для СТП изготавливается из материала, имеющего высокую жаростойкость, твердость, низкую теплопроводность, износостойкость. Для алюминиевых сплавов обычно используют инструмент из сплавов на кобальто-никелевой основе, инструментальных сталей, твердых сплавов системы WC-Co.

УДК 621.745.669.13

Получение сложных оксидов $BaNiO_x$ механоактивируемым самораспространяющимся высокотемпературным синтезом

Студент гр. 104611 Демьянчик Г.А.
Научные руководители – Лецко А.И., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Получение ультрадисперсных оксидов и композитов металл / оксид является одной из основных задач современной технологии керамических материалов и керметов.

Традиционная технология получения многокомпонентных керамик на базе сложных оксидов основывается на высокотемпературном синтезе из оксидов металлов или из их смеси с карбонатами.

Механокомпозиты как исходный материал СВС изменяют параметры этого процесса: существенно снижают температуру горения и увеличивают его скорость, что позволяет не только достигнуть нанометрических размеров продукта СВС, но и сохранить морфологию механокомпозита.

Целью данной работы было исследование возможности получения методом механически активированного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МА

СВС) сложных оксидов и композитов сложный оксид / металл при взаимодействии пероксида бария с металлическими никелем и железом.

В работе использовались BaO_2 (чда), карбонильный никель марки ПНК и карбонильное железо ПЖК. Механохимическая активация проводилась в планетарных шаровых мельницах АГО с водяным охлаждением (объем барабана 250 см^3 , диаметр шаров 5 мм, загрузка 200 г, навеска обрабатываемого образца 10 г, скорость вращения барабанов вокруг общей оси ~ 1000 об/мин). СВС осуществляли в атмосфере аргона.

Теплоты реакций взаимодействия пероксида бария с металлами, в т.ч. с никелем и железом, очень высоки. Поэтому можно ожидать, что эти реакции осуществимы как механохимическим методом, так и методом МА СВС.

Механическая активация смеси пероксида бария и никеля в стехиометрическом соотношении на формирование сложного оксида $BaNiO_2$ ($BaO_2 + Ni = BaNiO_2$) к образованию механокомпозита BaO_2/Ni , дифрактограмма которого содержит весьма уширенные отражения и никеля, и пероксида бария, что свидетельствует о существенном уменьшении размера их частиц ($\sim 40\text{-}50$ нм) (рисунок 1).

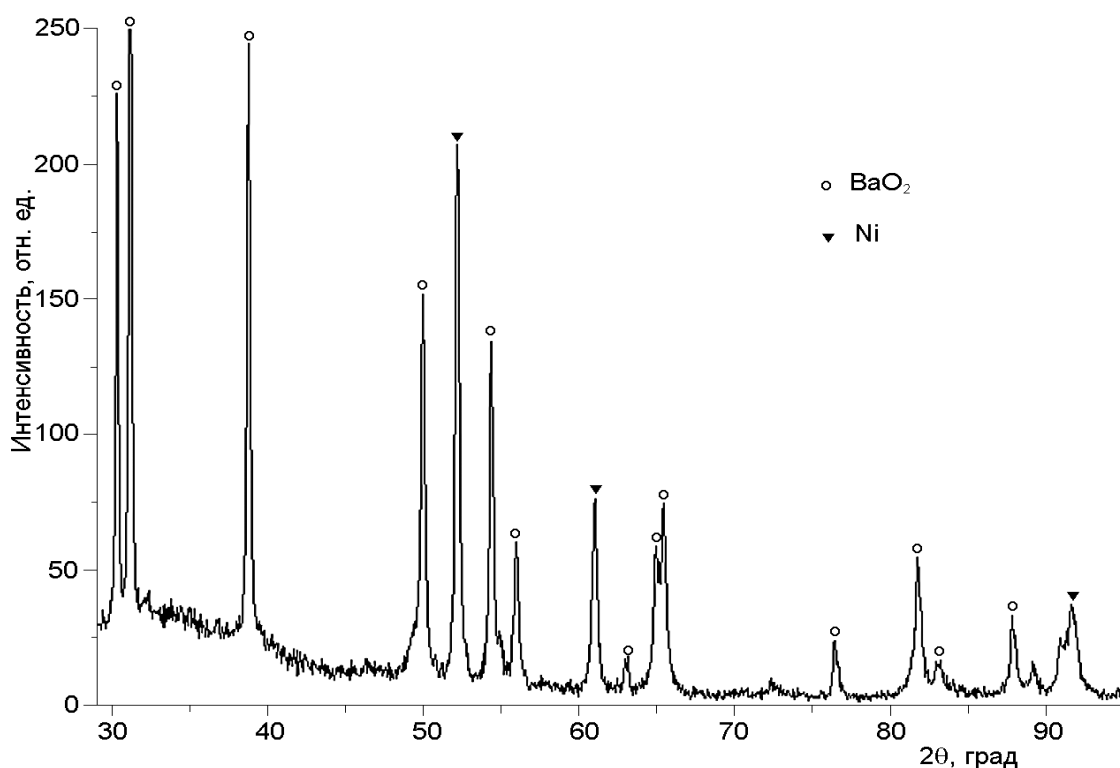


Рисунок 1 – Дифрактограммы смеси $BaO_2 + Ni$ после МА в течение 2 минут

Известно, что полосы поглощения на ИК-спектрах BaO_2 лежат ниже 400 см^{-1} , поэтому продукт механической активации не показывает на приборе никакого поглощения, т.е. ИК-спектры не фиксируют химического взаимодействия между пероксидом бария и никелем за 2 минуты МА. Электронная микроскопия в характеристическом излучении свидетельствует о формировании композитной структуры с достаточно гомогенным распределением компонентов.

Продуктом СВС из механокомпозита BaO_2/Ni (рисунок 2) является сложный оксид $BaNiO_2$.

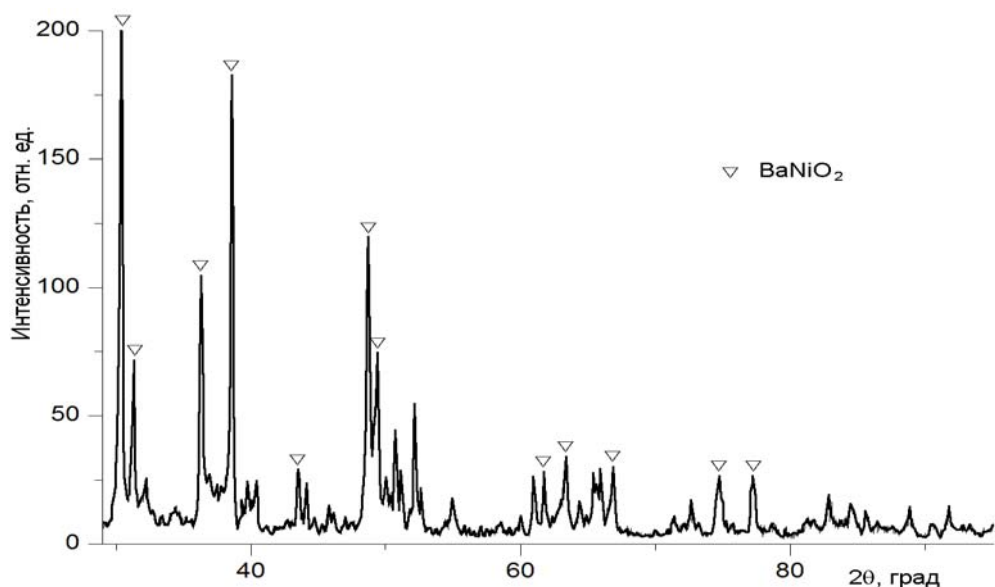


Рисунок 2 – Дифрактограмма продукта СВС из механокомпозита BaO₂/Ni

Согласно оценки по данным рентгенографического анализа, размеры о.к.р. продукта СВС составляют > 100 нм.

Исследование механохимического взаимодействия пероксида бария с железом показало, что согласно данным ИК-спектроскопии, после 4 минут механической активации смеси этих компонентов взаимодействия между ними не обнаружено, что подтверждают и данные рентгеновской дифракции (рисунок 3).

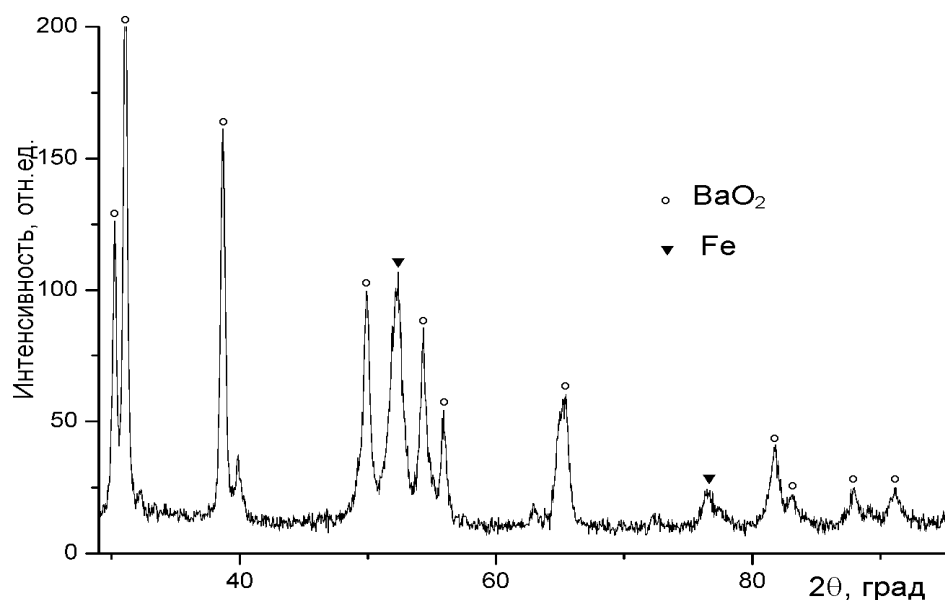


Рисунок 3 – Дифрактограмма механокомпозита BaO₂/Fe

СВС процесс в режиме горения в механокомпозитах BaO₂/Fe, получающихся после 2 и 4 минут механической активации, формирует сложный оксид BaFe₂O₄.

Таким образом, проведённые исследования показали, что методом МА СВС могут быть получены достаточно гомогенные сложные оксиды при взаимодействии пероксида бария с металлическим никелем или железом.

Использование алюмината натрия вместо жидкого стекла в покрытиях сварочных электродов

Студенты гр. 104112 Ивко Я.В., Кецко А.Н., Серeda В.Ю.
 Научные руководители – Урбанович Н.И., Комаров О.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В настоящее время основным связующим веществом в покрытиях сварочных электродов является жидкое стекло. Его основными недостатками является потеря прочности после нагрева до температуры выше 400 °С, потеря связующих свойств (прочности) при длительном хранении из-за влаги находящийся в атмосфере. В связи с этим, рекомендуется прокалить электроды непосредственно перед их использованием. Поэтому оправдана попытка найти замену жидкому стеклу с тем, чтобы новое связующее не имело отмеченных недостатков.

Анализ возможных заменителей жидкого стекла показал, что таким связующим может быть алюминат натрия NaAlO_2 , который можно получать, смешивая и спекая порошок оксида алюминия и натриевую щелочь [1].

На первом этапе исследований необходимо было оценить связующую способность NaAlO_2 . Испытания приводили в соответствии с методикой, описанной в работе [2].

В качестве наполнителя использовали порошок дистенсилиманита. Сравнивали прочность образцов с различными связующими: жидким стеклом (модуль 2,6) и раствором алюмината натрия, соотношение компонентов в котором $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (0,8 : 1), а соотношение твердой и жидкой фаз (50:50). Результаты замеров твердости (прочности) для различных связующих в зависимости от температуры прокалики приведены на рисунке 1.

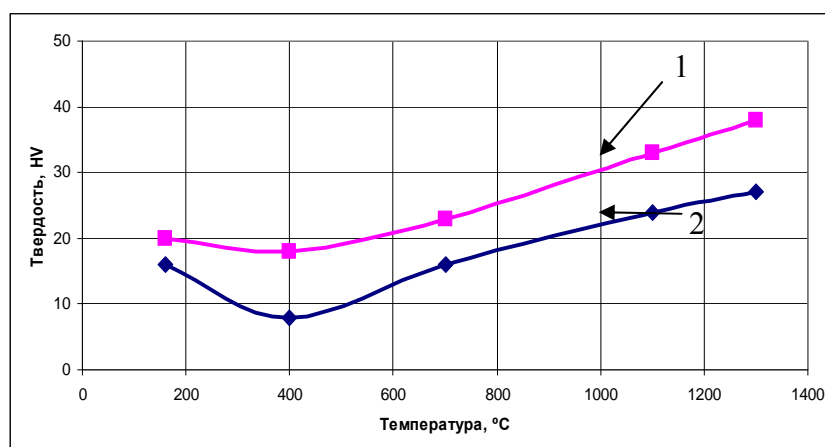


Рисунок 1 – Влияние температуры прокалики на твердость образцов с различным связующим:
 1 – алюминат натрия; 2 – жидкое стекло

Образцы кроме 6% жидкого стекла и алюмината натрия содержали 1% глины.

Как следует из полученных результатов алюминат натрия, обеспечивает стабильный рост прочности во всем диапазоне исследованных температур, в то время как образцы на жидком стекле имели низкую прочность вблизи температуры 400 °С.

Рост твердости при высоких температурах связан с образованием легкоплавкой эвтектики $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$. Оксид кремния поступал из жидкого стекла и глины.

Таким образом, эксперименты показали, что по связующей способности алюминат натрия имеет преимущества по сравнению с жидким стеклом.

Список использованных источников

1. Комаров, О.С. Поиск составов литейных красок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 23 – 31.
2. Комаров, О.С. Методика определения прочности противопригарных красок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 31 – 35.

УДК 621.793

Получение композиционного материала нитрид кремния-карбид кремния методом электроимпульсного спекания

Студент гр. 10406112 Мухля А.Д.
Научный руководитель – Жук А.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Плотные материалы на основе карбида и нитрида кремния получают методами горячего прессования и жидкофазного спекания с оксидными и оксинитридными спекающими добавками. Благодаря высокой производительности метод жидкофазного спекания становится все более популярным.

Однако для высокотехнологичных агрегатов, использующих детали узлов трения, лопатки двигателя, футеровочные материалы, износостойкие подшипники и др. на основе карбида и нитрида кремния, работающих при больших динамических нагрузках, необходимо применять материалы с максимальными механическими свойствами. Спекание при помощи пропускания через материал электрического тока известно уже несколько десятилетий, но значительный интерес со стороны материаловедов получило в последние два десятилетия благодаря развитию метода спекания при помощи импульсов постоянного электрического тока. Успех метода электроимпульсного спекания связан с созданием установок Spark Plasma Sintering (SPS) японской компанией Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.

Сущность метода SPS заключается в одновременном приложении к образцу давления по одноосной схеме и постоянного тока в импульсном режиме. Порошки для спекания помещаются в пресс-форму, изготовленную из проводящего материала (например, графита). Проводящие образцы нагреваются непосредственно при прохождении через них импульсного тока. В англоязычной литературе для электроимпульсного спекания используются два других термина: FAST (Field Assisted Sintering Technique, спекание при помощи электрического поля) и PECS (Pulsed Electric Current Sintering, спекание импульсным током).

Подведение импульсного электрического тока к образцу является основным отличием SPS-метода от метода горячего прессования. Ключевыми характеристиками процесса являются быстрый нагрев спекаемого материала и отсутствие необходимости длительной выдержки при высокой температуре. Быстрый нагрев образцов препятствует росту зерен при спекании многих материалов, позволяя получать наноструктурную керамику и наноструктурные композиты. Работы по спеканию и синтезу материалов методом SPS, в частности материалов на основе SiC и Si₃N₄, активно проводятся в США, Японии, Южной Корее, Китае, Израиле, Франции, Германии, Италии.

В работе использовали порошок α-SiC, марки M40, измельченный на струйной мельнице до среднего размера частиц $d_{0,5} = 0,8$ мкм, следующего химического состава (масс.%): Si(общ) – 69,95; Si(своб) – 0,22; C(общ) – 31,71; C(своб) – 2,56; O(общ) – 0,69 и Fe₂O₃ – 0,10. Нитрид кремния – β-Si₃N₄, фирмы Starck (Германия) со средним размером частиц $d_{0,5} = 1$ мкм (таблица 2). Порошки Al₂O₃, Y₂O₃, применяемые в качестве спекающих добавок, марки «Ч» со средним размером частиц $d_{0,5} = 1,2$ и 0,8 мкм. Оксидные компоненты Al₂O₃ и Y₂O₃ вводили

в состав шихты в соотношении – 55,4 и 44,6 мол.%, что соответствует алюмоиттриевому гранату ($3 Y_2O_3 \cdot 5 Al_2O_3$).

При применении метода SPS удается достигнуть высокой плотности спеченных образцов при более низком содержании оксидов (10 мас.%), чем при жидкофазном спекании.

Это объясняется низким испарением оксидов вследствие высокой скорости прохождения процесса, в отличие от метода свободного жидкофазного спекания карбида и нитрида кремния с оксидными добавками. Высокая плотность материалов составов 3 и 7 свидетельствует о полноте прохождения спекания и высокой уплотняемости материала. Плотность SiC-материалов, полученных в данной работе методом SPS без активирующих добавок, относительная плотность составила 88.3%, в то время как для аналогичных материалов, полученных методом свободного спекания, относительная плотность не превышает 80% от теоретической. Этот факт свидетельствует о высокой эффективности SPS-метода. Повышение плотности материала состава 2 подтверждает правильность сформулированного в работе механизма жидкофазного спекания карбида кремния: уплотнение по твердофазному механизму, более полное уплотнение за счёт поворота и скольжения частиц SiC в жидком расплаве, взаимное растворение SiC в оксидном расплаве, массоперенос SiC из расплава в межзеренное пространство трех частиц карбида кремния.

УДК 546.17-39;546.171

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез порошков нитридов

Студент гр. 104611 Гармаза М.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) порошков нитридов лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, протекающая в режиме направленного горения. Процесс осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов после локального инициирования реакции и самопроизвольно распространяется по всей системе благодаря теплопередаче от горячих продуктов к ненагретым исходным веществам. В качестве исходных веществ используются металлы (неметаллы) II, III, IV, V, VI, VIII групп периодической системы в смеси с неметаллами. Возможно, также в качестве исходных компонентов систем СВС использовать не только порошки металлов или неметаллов, но также и их соединения.

Процесс СВС характеризуется высокой температурой (2000 – 4000°C) и большой скоростью распространения фронта горения (0,5 – 15 см/с).

Тепловыделение в зоне реакции и сопровождающий его рост температуры возникают за счет собственных энергетических возможностей исходной системы без использования каких-либо нагревательных устройств, что существенно упрощает и удешевляет технологию и практически сводит к нулю расходы электроэнергии. Высокие температуры горения обеспечивают полноту превращения исходных элементов в конечные продукты и способствуют испарению примесей, поэтому целевые продукты имеют высокую чистоту. Большие скорости горения обеспечивают высокую производительность процесса.

Процесс СВС легко управляем. Имея ряд общих черт с технологическими процессами традиционной порошковой металлургии, самораспространяющийся высокотемпературный синтез характеризуется такой уникальной особенностью, как существование в течение протекания взаимодействия высокотемпературной твердожидкой среды, допускающей различные типы дополнительных внешних воздействий, посредством которых возможно регулирование структуры и свойств целевых продуктов. Изменяя условия горения (температуру, дав-

ление, соотношение исходных реагентов), можно в широких пределах регулировать химический и фазовый состав получаемых продуктов.

Технология СВС относится к порошковым технологиям, но она принципиально отличается от технологии порошковой металлургии тем, что для осуществления синтеза и (или) спекания в первом случае исходные порошки сжигают, а не нагревают в печи. Процесс СВС идет за счет собственного тепловыделения горения в порошковой смеси, без подвода энергии извне, в простых компактных аппаратах, а не в громоздком высокотемпературном оборудовании. Однако, технология СВС имеет существенные недостатки, главным из которых являются фильтрационные затруднения, связанные с подводом внешнего азота в центральную часть образца, что приводит к неполному азотированию.

Новый способ [1] с применением неорганических азидов, открывает перспективу для синтеза высокочистых нитридов титана, циркония, гафния.

По определению азиды называют соли азотисто-водородной кислоты HN_3 . Большинство неорганических азидов относятся к взрывчатым веществам (ВВ). Особенно ярко выражены взрывчатые свойства у азидов тяжелых металлов. Например: азид свинца PbN_6 используется как штатное инициирующее ВВ. У азидов щелочно-земельных металлов взрывчатые свойства выражены слабее. Эти азиды взрываются достаточно легко, но имеют низкую скорость детонации.

Азиды щелочных металлов, за исключением азиды лития LiN_3 , уже не относятся к взрывчатым веществам, так как не обладают способностью детонировать. Азид аммония NH_4N_3 обладает взрывчатыми свойствами, но они практически не изучены. Поэтому именно взрывчатые свойства неорганических азидов являются ограничивающим фактором с точки зрения использования их для получения азотсодержащих тугоплавких соединений в процессах СВС.

Среди неорганических азидов наибольшее практическое значение имеет азид натрия NaN_3 , который производится в промышленных объемах. Азид натрия негигроскопичен и нелетуч, при термическом разложении образует металлический натрий и вместе с молекулярным азотом имеет большое количество свободного атомарного азота. Похожими свойствами обладает азид калия KN_3 , но из-за большой предрасположенности к гидролизу в водной среде он имеет ограниченное использование в практике. Азид аммония NH_4N_3 занимает особое место в ряду неорганических азидов. Высокое содержание азота и отсутствие в молекуле других элементов, кроме водорода, позволяет использовать его в качестве эффективного азотирующего реагента при получении различных азотсодержащих тугоплавких соединений повышенной степени чистоты.

При разложении NH_4N_3 , объем газообразных продуктов составляет 1148 л/кг. Азид аммония малочувствителен к удару, однако при нагревании легко сублимирует с диссоциацией на NH_3 и HN_3 и последующим самопроизвольным взрывом азотистоводородной кислоты. В результате получается сравнительно низкая температура взрыва, не достаточная для полного разложения аммиака. Наличие в молекулах вышеназванных соединений азидо- группы позволяло предположить возможность более легкого протекания реакции азотирования за счет азота азидогруппы N_3 . Эти предположения основывались на своеобразном характере распада азидогруппы, при котором образуется ряд свободных радикалов и активный азот. Энергия активации реакций этих продуктов с элементами ниже, чем реакций с молекулярным азотом. Было найдено, что такие трудноазотируемые металлы как железо, кобальт и никель взаимодействуют с азидогруппой уже при температурах около 370 К с образованием соответствующих нитридов, причем в значительной степени аморфных.

В 1974 – 1977 годах было проведено изучение возможности синтеза нитридов титана, циркония, гафния, тантала, ниобия, бора в режиме СВС-Аз в системе "Элемент - азид аммония". Чуть позже были сделаны попытки синтеза нитридов кремния, молибдена и нитридов подгруппы железа. Было установлено, что нитриды в данной системе образуются, и азид аммония является азотирующим реагентом. При использовании систем "Элемент- азид" поми-

мо целевого нитрида продукт синтеза содержит щелочной или щелочноземельный металл, весьма опасный, как активная примесь.

Для нейтрализации металла азиды было предложено вводить в исходную систему "Элемент - азид" галоидную соль, в результате чего целевой продукт синтеза содержал бы уже не натрий, а нейтральную галоидную соль, например, NaCl и NaF. при этом температура горения снижается, и синтез проводится в более мягких условиях. Первыми галоидными солями, которые использовались в шихтах СВС-Аз были хлорид аммония NH_4Cl и фторид аммония NH_4F . Было установлено, что использование галоидных солей в исходных шихтах СВС-Аз не менее эффективно, чем самого азиды натрия, за счет активных радикалов, входящих в их состав.

Список использованных источников

1. Амосов, А.П. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов / А.П. Амосов, Г.В. Бичуров. – М.: Машиностроение. – 2007. – 526с.

УДК 621.762

Получение высокоплотной керамики на основе реакционно-связанного нитрида кремния

Студент гр. 104611 Кривуленко Н.В.
Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Реакционно-связанный нитрид кремния (РСНК) наряду с технологическими преимуществами имеет ряд недостатков, которые ограничивают его использование. Технология реакционного спекания в значительной мере уже исчерпана. Не представляется возможным существенно уменьшить пористость РСНК путем варьирования условий азотирования.

Это означает, что прочность и надежность нитридокремниевых материалов, полученных реакционным спеканием, практически достигли своего максимума. В связи с относительно низкими абсолютными значениями прочности РСНК (300-350 МПа) в последние годы предпринимаются усилия для ее повышения путем дополнительной обработки.

Одним из путей в этом направлении является пропитка реакционно-связанного изделия каким-либо веществом и последующая его термообработка. Эффективными добавками, используемыми для пропитки, являются полимеры, в частности, кремнийорганические. Повышению плотности и прочности реакционно-связанной керамики, например, способствует пропитка РСНК циклофенилциклотрисиланом или смешанным полисиланом. Такая керамика представляет собой уже композиционный материал.

Другой способ уменьшения пористости РСНК состоит в проведении дополнительного спекания. Поскольку РСНК – материал пористый и, следовательно, теоретически может быть доуплотнен, предложено уплотнять его путем спекания при высокой температуре, а чтобы уплотнение проходило более легко и быстро – добавлять в исходный материал активаторы, аналогичные тем, что используются при горячем прессовании нитрида кремния. Относительная плотность РСНК перед таким дополнительным спеканием составляет 75-85%, что значительно выше, чем спрессованные образцы из Si_3N_4 , используемые для получения изделий традиционным спеканием, и поэтому уплотнение даже до плотности, близкой к теоретической, сопровождается небольшой усадкой (4-6%) и незначительными искажениями размеров и формы изделий.

Введение уплотняющих добавок в РСНК возможно тремя способами. При первом способе добавка вводится в исходный порошок кремния до реакционного спекания. Во втором

способе добавка входит в состав солевого раствора, которым затем пропитывают РСНК, и при третьем способе добавка вносится в образец путем диффузии из засыпки во время спекания.

Первый способ позволяет вводить в кремниевый порошок добавку любого вида, для ее равномерного распределения производится мокрый размол смеси кремния с добавкой в шаровой мельнице. Однако добавки, введенные до реакционного спекания, могут оказывать влияние на процесс азотирования и на формирование микроструктуры, причем не всегда положительное. Кроме того, при механическом смешивании порошков кремния и добавок не удастся полностью исключить образование агломератов добавок. А такие агломераты впоследствии вызывают появление крупных пор в РСНК. Для более равномерного распределения уплотняющих добавок более подходящими являются пропитка РСНК растворами солей или введение их с помощью диффузии. Для введения в РСНК растворным способом добавок MgO используется раствор MgCl в воде и метаноле. После сушки и термообработки соль разлагается до оксида. Для получения необходимой концентрации добавки осуществляется многократная пропитка.

При диффузионном способе введения добавки реакционно-связанный образец помещают в засыпку, в состав которой входит нужная добавка. Основу засыпки составляет Si_3N_4 . Спекание приводит к диффузии добавки из засыпки в объем образца. Этот способ позволяет вводить малые количества добавок и обеспечивает очень равномерное насыщение ими всего изделия. Спекание РСНК проводится в засыпке и в случае, если добавки были введены одним из первых двух способов, т.к. она подавляет термическое разложение нитрида и защищает изделия от реакции с атмосферой. Спекание проводится в атмосфере азота при температуре 1800 °С при атмосферном давлении или при температурах до 2000 °С с применением повышенного давления азота.

По сравнению с чистым РСНК повторно спеченные образцы имеют повышенную прочность. Степень повышения прочности зависит от вида и количества добавок, введенных в реакционно-связанный материал до спекания, а также от вида и количества добавок засыпки.

По данной технологии модно изготавливать плотные высокопрочные изделия, требующие минимальной механической обработки. Однако, поскольку при дополнительном спекании добавляются известные активаторы, высокотемпературная прочность таких материалов оказывается намного меньше, чем прочность при комнатной температуре. Микроструктура РСНК после допекания становится подобной микроструктуре горячепрессованного нитрида кремния (уплотнение материала при допекании происходит по жидкофазному механизму).

Основным недостатком такой технологии является общий для всех высокоплотных материалов на основе нитрида кремния недостаток – высокотемпературное разупрочнение, обусловленное присутствием в них относительно легкоплавких пограничных фаз. Вид и состав этих фаз зависят от уплотняющих добавок. Прежде всего, это стеклоподобные фазы, образующиеся при взаимодействии Si_3N_4 и таких добавок, как MgO, Y_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , ZrO_2 и др. Стеклофазы после охлаждения присутствуют на границах зерен нитрида кремния в аморфном или частично кристаллизованном состоянии.

Расстекловывание стеклофаз, т.е. выделение кристаллических фаз, приводит к некоторому улучшению высокотемпературной прочности материалов и может рассматриваться как один из путей совершенствования свойств. Еще одним направлением является поиск таких активаторов допекания, которые обеспечивают образование жидкой фазы при более высоких температурах (1800 – 1900 °С), а затем кристаллизуются, или таких, которые обеспечивают образование жидкой фазы, исчезающей в процессе спекания. Исчезать жидкая фаза может путем растворения в нитриде кремния, как это происходит, например, в сиалонах.

В качестве эффективной дополнительной обработки РСНК очень перспективным представляется горячее изостатическое прессование (ГИП). Для изостатического прессования в качестве исходного материала может использоваться предварительно сформованный поро-

шок Si_3N_4 , реакционно-связанный нитрид кремния, заготовка из предварительно подпеченного порошка или спеченный РСНК.

Для ГИП необходимо, чтобы заготовка не содержала открытой пористости, поэтому высоко-пористый РСНК и прессовку из порошка требуется заключать в передающие давление специальные оболочки. Относительно плотные СНК и СРСНК не требуют капсулирования. В качестве оболочек могут использоваться тугоплавкие металлы или стекла.

УДК 666.3:661.55

Металлокерамические фильтры: получение, области применения

Студенты гр. 104611 Федюк И.Л., Попко М.В.
Научный руководитель – Григорьев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Исходным материалом для изготовления фильтровальных перегородок из пористых металлов служат металлические порошки со сферической или несферической формой частиц, получаемые методами порошковой металлургии. Современная порошковая металлургия, как правило, включает следующие технологические этапы изготовления пористых изделий: получение исходных металлических порошков и приготовление из них шихты (смеси); компактирование порошков (или их смесей) в заготовки; спекание.

Получают исходные металлические порошки либо механическими, либо физико-химическими методами. Наиболее производительным и дешевым методом получения порошков для металлокерамических фильтров считают распыление (диспергирование) расплавленного металла газом, воздухом или паром с последующим резким охлаждением брызг металла в воде. Обычно для этого используют порошки из углеродистой и нержавеющей сталей (1X13, X18H9T, X18H11B, X18H12M2T), никеля, монель-металла, титана, бронзы, меди и карбидов тяжелых металлов следующих фракций (размеры частиц в мм): $< 0,06$; $0,063 - 0,10$; $0,10 - 0,15$; $0,15 - 0,20$; $0,2 - 0,3$; $0,3 - 0,4$; $0,4 - 0,6$; $0,6 - 0,8$; $0,8 - 1,0$. Перед прессованием порошки смешивают с наполнителями для предотвращения закрытия пор при спекании.

Конечной операцией производства изделий порошковой металлургии является спекание, сущность которого заключается в термообработке заготовок при температуре ниже температуры плавления хотя бы одного из компонентов. Именно эта стадия производства фильтрующих перегородок из пористых металлов определяет плотность изделия и обеспечивает набор определенных механических и физико-химических свойств фильтра.

Спекание, как правило, проводят в защитной или восстановительной атмосферах (инертные газы, водород, углеводородсодержащие газы и пр.), а также в вакууме. Нагрев изделий осуществляют в электропечах (вакуумных, колпаковых, муфельных, толкательных, конвейерных, проходных, шахтных, с шагающим подом и др.), а также в индукционных печах или прямым пропусканием электрического тока.

Спекание и прессование могут быть совмещены в одном процессе (спекание под давлением, горячее прессование). Размер пор в фильтровальных перегородках из пористых металлов обычно колеблется в пределах $1 \dots 75$ мкм, пористость до 50 %, прочность на растяжение до $7 \cdot 10^3$ Н/см².

Фильтры, изготовленные методом порошковой металлургии на металлической и металлокерамической основе, обладают комплексом полезных эксплуатационных характеристик: высокая прочность, позволяющая выдерживать изгибающие деформации, гидро- и аэродинамические нагрузки (например, давление в 25 МПа не изменяет поровую структуру и эксплуатационные свойства фильтрующих перегородок); высокая химическая стойкость (металлокерамические фильтры работают в агрессивных средах, имеющих значение pH от 2 до

14; фильтрующие перегородки, изготовленные из титана, позволяют очищать химически агрессивные среды и выдерживают регенерацию кислотами и щелочами) высокая термическая стойкость (металлокерамические фильтры работают при температурах до 350°C, а фильтрующие перегородки, изготовленные из пористой коррозионностойкой стали, выдерживают температуру рабочей среды до 600°C и термообработку в вакууме при температуре до 900°C).

Фильтрующие элементы из листовых прокатных металлокерамических материалов имеют конструкцию, аналогичную сетчатым фильтрующим элементам, т.е. могут быть плоскими, цилиндрическими, коническими, дисковыми и пр. По тонкости фильтрования фильтрующие перегородки из металлокерамики превосходят сетчатые, однако фильтрующие элементы на их основе имеют большую массу по сравнению с сетчатыми той же конструкции.

На практике чаще всего встречаются плоские фильтрующие элементы в виде одиночного диска или чечевицеобразные дисковые элементы. В ряде случаев нашли применение цилиндрические фильтрующие элементы из металлокерамики с гладкой поверхностью. Также как и в сетчатых фильтрах для увеличения прочности в металлокерамических фильтрах устанавливается опорная сетка или каркас. Гофрированные металлокерамические фильтрующие элементы используются крайне редко, хотя материал легко выдерживается операцию гофрирования, выдерживая при этом до 20 сгибов с радиусом 5 – 10 мм.

УДК 621.791.36

Проблемы получения качественного соединения сплавов на основе алюминия способом лазерной пайки

Магистрантка Щавелева О.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Применение пайки является одним из перспективных путей развития современного машиностроения. Это обусловлено широким внедрением трудносвариваемых конструкционных материалов, при сварке которых в непосредственной близости от шва наблюдается зона с оплавленными границами зерен. Из-за наличия таких зон сварные соединения отличаются низкой пластичностью и легко разрушаются при небольшой деформации и ударах. Последующей термообработкой не удастся исправить структуру металла в зоне оплавления, и поэтому свойства сварного соединения остаются низкими, а сами соединения ненадежными в эксплуатации. Отсутствие уверенности в получении соединений с гарантируемыми свойствами заставляет отказаться от применения сварных конструкций из материалов такого рода.

Решение данной проблемы возможно с заменой сварных соединений на паяные в условиях, где это допустимо, т.к. паяные соединения являются преимущественно связующими, а не силовыми, то соединение получается путем заполнения зазора расплавленным припоем, а не путем расплавления - в процессе пайки основной металл остается твердым, что дает возможность получить бездефектное соединение.

Целью нашего исследования является получение качественного соединения лазерной пайкой, а задачей - подбор оптимальных режимов для технологии создания качественного соединения и разработка предложений по совершенствованию существующих технологий. Основным методом исследования в данной работе является научный эксперимент. Процедура эксперимента представляет собой предварительную подготовку и подбор материалов, настройку режимов, проведение эксперимента непосредственно и фиксирование полученных результатов, на основании которых делаются выводы.

Алюминий, обладает большим сродством к кислороду, поэтому на его поверхности образуется стойкий оксид Al_2O_3 , находящийся на его поверхности в виде пленки. Наличие ок-

сидной пленки на поверхности алюминия и его сплавов затрудняет процесс пайки. Обладая очень высокой температурой плавления (2050 °С), окисная пленка не расплавляется в процессе пайки и покрывает металл, затрудняя образование качественного паяного соединения. Вследствие высокой адсорбционной способности к газам и парам воды окисная пленка является источником газов, растворяющихся в металле, и косвенной причиной возникновения в нем различного рода дефектов.

Для осуществления пайки должны быть приняты меры по разрушению и удалению пленки и защите металла от повторного окисления. Предварительное удаление окисной пленки перед пайкой не может дать положительных результатов, поскольку пленка мгновенно образуется на воздухе вновь. Вследствие большой химической прочности соединения Al_2O_3 восстановление алюминия из его оксида в условиях пайки практически невозможно. Точно также невозможно связать Al_2O_3 в прочее соединение сильной кислотой и основанием. Поэтому действие флюсов для пайки алюминия основано на процессах растворения и смывания окисной пленки.

Основу флюсов, как правило, составляют легкоплавкие смеси хлористый солей щелочных и щелочноземельных элементов с добавлением в них небольшого количества фтористых соединений, активизирующих действия флюса, которое основано на растворении пленки фторидами. Однако исследования показали, что растворимость окиси алюминия фторидами невелика и содержание их во флюсах недостаточно. Так, например, в чистых расплавленных хлористый солях натрия и калия, часто являющихся основой флюсов, окись алюминия практически не растворяется.

В технологии лазерной пайки большое значение имеют характеристики оборудования, позволяющие устанавливать необходимые режимы. Лазерная установка, используемая в наших исследованиях, обладает мощностью 1 кВт. Изменяя координаты и скорость перемещения лазерной головки, диаметр лазерного пятна, в представляемом эксперименте возможно регулировалось количество вводимого тепла, а тем самым температуру пайки, хотя только косвенно, что является некоторым недостатком процесса.

В процессе исследования применялись разные способы подготовки поверхности, вспомогательные (флюс) и технологические (припой) материалы, а также вносились изменения в режимы пайки (скорость перемещения лазерного пучка и диаметр пятна). В качестве основного материала использовали пластины из алюминиевых сплавов марки Д16, АМц, АК7 разных толщин. В качестве технологического материала были выбраны припои марок *Castolin*, *HTS-2000* диаметром 2 мм, а также изготовлен порошковый «самофлюсующийся» припой из алюминиевой пудры ПАП-2 и смешанный с «литиевым» флюсом, приготовленным экспериментально. В качестве вспомогательного материала был изготовлен флюс с химическим составом близким к составу флюса 34А в жидком (на спирту -1Э) и в твердом состоянии (на воде, выпаренный-2Э). Для обработки поверхностей использовались либо соляная (*HCl*), либо плавиковая кислота (*HF*).

Эксперимент 1. Параметры эксперимента: флюс - 1Э, 2Э; припои - *HTS-2000*, *Castolin*; основного металл: пластина Д16 толщиной 8 мм; пластина АК5 толщиной 5 мм. Подготовка поверхности - травление в плавиковой кислоте (*HF*). Режимы: скорость перемещения лазерного пучка $v=70-400$ мм/мин; диаметр лазерного пятна $d=0,5-1,0$ мм.

Припой, предварительно протравленный в плавиковой кислоте, размещали в прорезанных на пластине канавках. Пайка велась по двум режимам. Для припоя *HTS* применялись скорости 200 и 100 мм/мин, для припоя *Castolin* 200 и 400 мм/мин. Изначально оба припоя пропаяли со скоростью перемещения лазерного пятна 200 мм/мин, после этого оценили полученные результаты и изменили скорости. Припой *Castolin* закипел и свернулся в шарик, скорость 200 мм/мин оказалась для него слишком малой, припой быстро разогревается, поэтому увеличили скорость до 400 мм/мин. Припой *HTS* при скорости 200 мм/мин почти не расплавился - скорость уменьшили до 100 мм/мин. При пайке припоя *HTS* обработанного флюсом (Э1) на малых скоростях был получен удовлетворительный результат: припой под

действием излучения разогрелся и начал расплавляться, заполняя канавку, однако после охлаждения и механического воздействия необходимой связи не образовалось. Сцепление произошло за счет флюса, кристаллы которого удерживали припой в канавке.

Эксперимент 2. Параметры эксперимента: припой – пастообразный «самофлюсующийся» припой из алюминиевой пудры ПАП-2, смешанной с «литиевым» флюсом, приготовленным экспериментально; основной металл: пластина Д16 толщиной 8 мм; пластина АК5 толщиной 5 мм. Подготовка поверхности – зачистка поверхности пластин наждачной бумагой, протирка спиртом, травление соляной кислотой (*HCl*). Режимы: скорость перемещения лазерного пучка $V=100 - 200$ мм/мин; диаметр лазерного пятна $d=4$ мм. На подготовленных пластинах были протравлены «дорожки» соляной кислотой, для нанесения на них экспериментального самофлюсующегося припоя с разным содержанием алюминиевой пудры (5 – 50%). Пайку вели на скоростях перемещения лазерного пучка 100 и 200 мм/мин. На участках пластины, где были нанесены припои с процентным содержанием 10-15 % *Al*, были отмечены положительные результаты.

Полученные образцы были отправлены в лабораторию для изучения структуры полученных соединений. После проведения металлографического исследования можно будет сделать выводы о возможности путей получения качественного паяного соединения с помощью вышеописанных технологий и необходимости совершенствования и доработки процессов в том или ином направлении.

УДК 666.3:661.55

Влияние технологических факторов на микроструктуру и фазовый состав керамики на основе реакционносвязанного нитрида кремния

Студент гр. 104611 Чукашев П.С.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение температуры предварительной обработки кремниевых прессовок, как и температуры азотирования, активизирует процессы массопереноса и приводит к сокращению индукционного периода и ускорению реакции. Более высокие скорости азотирования при повышенных температурах обуславливают большую степень превращения, причем зависимость эта очень чувствительная. Она может проявляться даже при небольшом градиенте температур в горячей зоне печи. Если в процессе реакционного спекания температура превысит точку появления жидкой фазы, то произойдет качественное изменение реакции. Взаимодействие в жидкой фазе идет очень интенсивно, но при этом формируется более грубая микроструктура нитрида.

Жидкая фаза способствует ускоренному росту зерен β - Si_3N_4 . Поэтому высокие температуры азотирования вызывают уменьшение отношения α/β . Реакция азотирования кремния сильно экзотермична. Если не контролировать тепловой режим реакции, то возможен сильный перегрев кремниевой заготовки. Опасность перегрева является наибольшей для массивных изделий. С целью контроля теплового режима применяются специальные командные системы, обеспечивающие управление экзотермической реакцией. Азотирование в таких системах начинается при 1050-1150°C. Температура повышается ступенчато до 1380%. На практике обычно используются режимы, при которых максимальная температура не превышает 1400 %. Добавки водорода в азот увеличивают скорость реакции азотирования, в особенности в начальный период, а также способствуют получению материалов с улучшенными свойствами.

Для объяснения возможных функций водорода внутри азотируемой прессовки предложена двухзонная модель азотирования. Согласно модели, вокруг азотируемой прессовки об-

разуются две зоны, каждая со своим газовым составом. Внешняя зона является преимущественно зоной окисления, внутри нее большая часть кислорода или водяного пара, присутствующих в потоке азотирующего газа, вступает в реакцию с кремнием с образованием SiO_2 . Внутренняя зона является главной областью азотирования. Предельное значение парциального давления SiO составляет 101,33 Па. Парциальные давления азота и водорода в этой зоне равны соответствующим давлениям в подаваемой газовой смеси. Таким образом, внешняя зона является буферной, она поддерживает постоянные уровни SiO , H_2 , O_2 и H_2O во внутренней зоне.

В присутствии водорода удаление пленки SiO с поверхности частиц кремния происходит быстрее, вследствие чего сокращается индукционный период реакции азотирования.

Однако, водяной пар, так же как и водород, способствует поддержанию высокого парциального давления монооксида кремния на ранних этапах азотирования. Но, следует отметить, что при больших концентрациях H_2O , следовательно, H_2 может происходить излишняя потеря кремния в виде SiO_2 (г). Слишком большие добавки водорода в азот разбавляют его, и это также приводит к замедлению азотирования.

В связи с экзотермичностью реакции азотирования от кремниевой прессовки необходимо интенсивно отводить тепло, чтобы не произошел перегрев. Водород имеет высокую теплопроводность, и поэтому его добавки в азотирующую среду способствуют поддержанию в прессовке требуемой температуры. Строгое выдерживание температуры позволяет избежать плавления, ликвации, появления крупных пор и зерен $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$. За счет контроля температурного режима, осуществляемого с помощью добавки в азот 4 об.% H_2 , удалось повысить прочность образцов РСНК от 207 до 276 МПа. Благоприятное влияние водорода проявляется также в том, что с увеличением его количества повышается содержание α -фазы нитрида кремния. При этом формируется мелкозернистая и мелкопористая структура. Возможное объяснение этого эффекта заключено в различии механизмов образования α - и β -фаз нитрида кремния, $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$, образуется по механизму осаждения из газовой фазы.

В качестве добавок к азотирующему газу используется также гелий. Гелий является инертным и высокотеплопроводным газом, поэтому его роль ограничивается улучшением условий отвода тепла от места реакции. Влияние добавок гелия по сравнению с водородом менее существенно. Так, азотирование кремния в атмосфере состава 7 об.%He + 93 об.% N_2 позволило получить РСНК с прочностью только 255 МПа.

Уменьшение парциального давления азота сказывается в виде замедления скорости азотирования. Это приводит к тому, что увеличивается время, необходимое для полного прохождения реакции. При высоком давлении образуется большое количество островков фазы нитрида кремния. Все островки получаются мелкими, условия для преимущественного роста какого-либо из них отсутствуют. В результате формируется мелкозернистая структура, которая с точки зрения механических свойств материала является предпочтительной. Повышенное давление азота позволяет также подавлять диссоциацию Si_3N_4 , и проводить азотирование при более высоких температурах.

На процесс азотирования кремния существенное влияние оказывает скорость потока газов. Различают азотирование в статических и динамических условиях. Статические условия характерны тем, что скорость движения газов равна или близка к нулю. Азотирование ведется в замкнутом объеме. Движение газов ограничено диффузионными процессами, а также связыванием газов и их выделением в результате протекающих реакций. В динамических условиях азотирования осуществляются непрерывная подача и отвод газов.

Как показывают исследования, динамическим условиям всегда соответствуют худшие свойства РСНК. Азотирование в потоке газа приводит к большому критическому дефекту материала и меньшей прочности. Уменьшается скорость реакции, падает модуль Юнга, сплошная сеть нитрида кремния устанавливается более длительное время. Следует отметить, что газовый поток может быть получен случайно, вследствие обнаруженных утечек, кото-

рые даже при незначительных размерах могут сильно ухудшать свойства реакционно-связанных материалов.

Введение водорода в количестве 1-10 об.% позволяет полностью нейтрализовать вредное влияние условий потока. Прочность, одинаковая и в статических и в динамических условиях, достигается уже при использовании атмосферы состава 99 об.%N₂ + 1 об.%H₂. Добавление водорода сверх 1 об.% оказывается менее эффективным и к дальнейшему улучшению свойств материала практически не приводит. Динамическим условиям соответствуют меньшие скорости реакции, чем статическим условиям. Сравнение скоростей реакции, протекающей в двух разных атмосферах, для динамических и статических условий показывает несомненное преимущество небольших добавок водорода. В динамических условиях при наличии водорода не наблюдается падение модуля Юнга, размеры критического дефекта при любой заданной плотности подобны размерам, наблюдаемым в статическом азоте, и значительно меньше, чем в потоке чистого азота. Подобно водороду действует и водяной пар. Введение его в азотирующий газ подавляет вредное влияние динамических условий азотирования на прочность и модуль упругости РСНК.

УДК 621.793

Металлические мембраны для микрофльтрации: классификация, свойства, применение

Студенты: гр. 10406112 Жук В.А., гр. 10405114 Жук К.А.
Научный руководитель – Жук А.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Микрофльтрация – это процесс отделения из фильтруемой среды крупных коллоидных частиц или взвешенных микрочастиц размером 0,02–25 мкм. Мембраны для микрофльтрации обычно имеют изотропную структуру. Они обладают высокой производительностью, особенно в начальный период эксплуатации. Микрофльтрацию, как правило, осуществляют при небольших перепадах давлениях (до 0,2 МПа) на мембране во избежание значительных деформаций, которым подвержены мембраны при приложении на них нагрузки извне.

Мембраны для микрофльтрации чаще всего выпускают в виде дисков различных диаметров, а также пластин различных размеров и могут использоваться в дисковых держателях и фильтр-прессах.

Для увеличения площади фльтрации в последнее время на основе микрофльтрационных мембран изготавливают патронные фильтры. Эти фильтры обладают непрерывной однородной структурой, не способной к выделению (отщеплению) каких-либо компонентов в фильтруемую среду. Структура фильтра должна быть достаточно устойчива к воздействию давления чтобы исключить возможность продавливания собранных частиц или бактерий через фильтр при резких пульсациях давления. Области применения фильтрующих перегородок весьма разнообразны.

Типичные примеры их использования в зависимости от размеров пор приведены ниже: *при диаметре пор 5 мкм и более* – предварительная фльтрация взвесей в воде, высокоэффективная очистка газов от взвешенных частиц, очистка высоковязких жидкостей и фотохимикатов, гравиметрический анализ гидравлических масел, анализ пыли, цитофизиологические исследования; *при диаметре пор 3 мкм* – микрофльтрация масел и других вязких жидкостей, фльтрация тонких взвесей, цитофизиологические исследования; *при диаметре пор 0,65 мкм* – тонкая фльтрация химических, фармацевтических препаратов, микробиологическое исследование молочных продуктов; *при диаметре пор 0,2 мкм* – получение оптически чистых продуктов, концентрирование некоторых бактериофагов, стерилизация жидкостей и

газов, в том числе фармацевтических и медицинских препаратов, а также питательных сред, стерилизационный контроль фармацевтических препаратов. С целью наиболее полного использования специфических свойств микрофильтров разделяемые дисперсии рекомендуется подвергать предварительной фильтрации на специальных фильтрах. Большинство мембран в сухом виде имеет большой отрицательный электростатический заряд.

Одним из распространенных фильтрующих материалов являются проволочные сетки, изготовленные из низкоуглеродистых или высоколегированных сталей, меди, латуни, бронзы, никеля и др. Фильтрующие элементы, выполненные из сеток, могут работать в широком диапазоне температур от 0 до 1000 °С в агрессивных и неагрессивных средах. Тонкость очистки определяется размером ячейки сетки. Сетки бывают тканного и саржевого плетений.

Абсолютная тонкость очистки современными сетчатыми фильтрующими перегородками достигают пределов 5 – 20 мкм, однако при значительных перепадах давления на фильтре полотно сетки начинает деформироваться, ячейки теряют свою форму, что приводит к местному увеличению размеров проходных отверстий. Для устранения эффекта увеличения размеров проходных сечений применяют спекание узлов сетки после переплетения. Применение синтерированных сеток исключают деформацию проходных отверстий, однако значительно усложняет технологию изготовления сеток. Неметаллические сетки вырабатывают, главным образом, из различных синтетических полимерных материалов - капрона, лавсана, полипропилена, фторлона и т. п.

Их можно изготавливать из моноволокон тканями. Сетки можно изготавливать также сварными, тогда моноволокна, составляющие уток и основу, соединяют в местах пересечения термопластичной сваркой (горячее штампование).

Обычно тонкость фильтрования пластмассовых сеток составляет около 10 мкм, но можно изготовить сетку с ячейками размером в десятые доли микрометра. Достоинством таких сеток является их высокая коррозионная стойкость. Наибольшее распространение сетчатые материалы получили для грубой очистки воды от механических примесей, водорослей, песка, волокон и пр.

Основным предназначением фильтров, у которых в качестве фильтрующей перегородки используются сетки, является защиты системы водоподготовки от крупных посторонних механических включений. Сетчатые фильтрующие элементы часто изготавливают многослойными, что несколько увеличивает тонкость и эффективность очистки, но приводит к росту гидравлического сопротивления фильтрующего элемента пропорционально количеству слоев сеток. По сравнению с полимерными, неорганические мембраны обладают как достоинствами, так и недостатками.

К первым можно отнести следующие: высокая термостойкость (возможность стерилизации паром); высокая химическая стойкость (возможность разделения агрессивных сред); высокая механическая стойкость; микробиологическая невосприимчивость; длительный срок службы (до 10 лет и более); разнообразие геометрических форм. Возможно, также выделить следующие недостатки: ограничение по пористости (либо крупнопористые, либо непористые); высокая стоимость; хрупкость (низкая ударопрочность); низкая производительность (из-за большей толщины); невозможность использования в традиционных аппаратах.

Все металлические мембраны следует разделить на две группы: непористые, которые используются в диффузионных мембранных процессах; пористые, используемые для ультра- и микрофильтрации. Кроме того, необходимо упомянуть композиционные мембраны с селективным слоем из металла (часто палладия), полученного плазменным напылением. Непористые металлические мембраны обычно изготавливают в виде плоских пластин и капилляров литьем, прокаткой и вытяжкой и используют в основном в мембранном разделении газов. Такие мембраны производят из палладия и палладиевых сплавов (Pd–Ag–Ni–Nb). Пористые металлические мембраны получают спеканием металлических порошков (сталь, титан и титановые сплавы), а также выщелачиванием какой-либо части сплава (на-

пример, нержавеющей стали). На такие пористые подложки часто производят напыления Ni, Zn, Cu, Co и других металлов для формирования селективных слоев.

УДК 621.793

Методы определения характеристик мембран

Студенты гр. 10406112 Жук В.А., Мухля А.Д.
Научный руководитель – Григорьев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для определения характеристик микрофльтрационных мембран используются следующие методы: сканирующая электронная микроскопия; метод точки пузырька; ртутная (интрузионная) порометрия; измерения проницаемости. Три первых метода состоят в определении морфологических или структурных параметров, последний является способом определения характеристик массопереноса.

В методе пузырька измеряется давление, необходимое для проскока воздуха через мембрану, заполненную водой. Верхняя часть фильтра находится в контакте с водой, нижняя часть контактирует с воздухом и при постепенном увеличении давления воздух проскакивает через мембрану. Соотношение между давлением и радиусом пор задается уравнением Лапласа:

$$P_{\text{кап}} = (2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta) / r, \quad (1)$$

где $P_{\text{кап}}$ – капиллярное давление;
 r – радиус поры, имеющей форму капилляра;
 σ – поверхностное натяжение;
 θ – краевой угол смачивания.

Пузырек воздуха будет проникать через пору при выполнении условия равенства радиуса пузырька радиусу поры. Этот метод можно использовать для измерения радиуса самых больших активных пор. Недостатком этого метода является несоответствие результатов измерения при использовании различных жидкостей. Скорость увеличения давления и длина пор также могут влиять на результаты измерения. Метод ртутной порометрии и метод проницаемости являются разновидностями метода пузырька. В первом случае ртуть продавливают в сухую мембрану, причем объем ртути определяется величиной приложенного давления. Здесь связь между давлением и размером поры выражается уравнением Лапласа. Вследствие несмачиваемости мембраны ртутью ($>90^\circ$ и \cos принимает отрицательное значение), формула (1) принимает вид:

$$P = - (2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta) / r \quad (2)$$

Контактный угол ртути на полимерных материалах обычно равен $141,3^\circ$, поверхностное натяжение 480 мН/м и тогда (2) будет:

$$P = 4792 / r, \quad (3)$$

где r – выражается в нм, а P – в барах.

С помощью ртутной порометрии можно определить как размер пор, так и распределение пор по размерам. Недостатком метода является высокая стоимость оборудования. Дру-

гой недостаток связан с тем, что поры малых размеров требуют применения высоких давлений, что может приводить к искажению мембранной структуры. Кроме того, в данном методе измеряются все поры, присутствующие в структуре, включая и тупиковые. Но метод РП определяет распределение пор по размерам с высокой точностью, т.к. объем ртути можно определить очень точно.

Метод проницаемости чрезвычайно прост и состоит в измерении потока воды через мембрану в зависимости от приложенного давления. При некотором минимальном давлении самые большие поры становятся проницаемыми, в то время как поры меньшего размера все еще остаются непроницаемыми. Величина минимального давления зависит в основном от типа изучаемого мембранного материала (критерий – контактный угол), природы пенетранта (характеризуемой по поверхностному натяжению) и размера пор. В соответствии с уравнением Хагена-Пуазейля (4), увеличение потока жидкости пропорционально увеличению приложенного давления.

$$J = (\epsilon \cdot r \cdot \Delta P) / 8 \cdot \mu \cdot \tau \cdot \Delta L, \quad (4)$$

где J – поток через мембрану при движущей силе $\Delta P / \Delta L$, ΔP – разность давлений;
 ΔL – толщина;
 r – радиус пор;
 μ – вязкость жидкости;
 τ – фактор извилистости;
 ϵ – пористость мембраны.

Как и для большинства других методов, применяемых для характеристики микрофильтрационных мембран, основная трудность заключается в неопределенности геометрии пор.

УДК 62-752.32

Принципы реализации технологии восстановления рычагов подвески автомобилей с использованием аргонно-дуговой наплавки

Магистрант Бубен Д.В., студенты: гр. 10403113 Грибок Н.В., Киселевич Р.А.
Научный руководитель – Саранцев В.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основным компонентом подвески автомобиля является рычаг. Рычаг управления автомобильной подвески является сложным в техническом исполнении устройством, состоящим из нескольких элементов, выполняемых, как правило, из прочных алюминиевых сплавов, чугуна, а также стали. В процессе эксплуатации автомобиля рычаги автомобильной подвески работают в достаточно жестких условиях. В результате приходят в негодность такие элементы рычагов, как шаровая опора и сайленблок, как правило, из-за повышенного износа. Остальная часть устройства при этом не изнашивается и не теряет своей эксплуатационной надежности.

Восстановление деталей позволяет продлить им срок службы и убрать дорогостоящие и экологически вредные технологии переплавки.

В работе разработана технология регенерации рычага автомобильной подвески, которая включает:

1. дробеструйная обработка;
2. выпрессовка пальцев и сайленблоков;
3. наплавка алюминиевой кромки аргонно-дуговым способом;

4. обработка наплавки;
5. сборка, завальцовка и запрессовка сайленблоков.

При качественном контроле и соблюдении всех этих пунктов, рычаг автомобильной подвески способен обеспечить работоспособность 100% от долговечности новой детали.

В разрабатываемом технологическом процессе уделено особое внимание операциям, связанным с наплавкой, так как от ее зависит прочность и качество будущего рычага. Были проведены исследования с целью подбора материалов и режимов наплавки. В качестве наплавляемых материалов использовали близкие по составу материалы легированные различными добавками. Для наплавки аргоно-дуговым способом использовали прутки марок: ER 5356, ER 4043, ER 4047, ER 1070, ER 1450 (таблица 1).

Таблица 1 – Свойства наплавляемых материалов

Материал	Состав							Предел прочности, Мпа
	Si	Mn	Zn	Fe	Ti	Mg	Cr	
ER 1450	0,1	0,01	0,03	0,2	0,15	0,05	–	90
ER 4043	5,0	0,01	0,02	0,2	–	–	–	165
ER 1070	<0,2	0,01	0,01	0,2	0,03	0,03	–	65
ER 4047	12	0,15	0,2	0,6	0,15	0,014	–	180
ER 5356	<0,25	0,15	–	<0,4	–	5,0	0,12	265

Проведены исследования образцов с наплавленными слоями. Структурные исследования позволили установить, что однородная структура по глубине наблюдается у образцов с наплавкой из прутка марки ER5356 (рисунок 1).

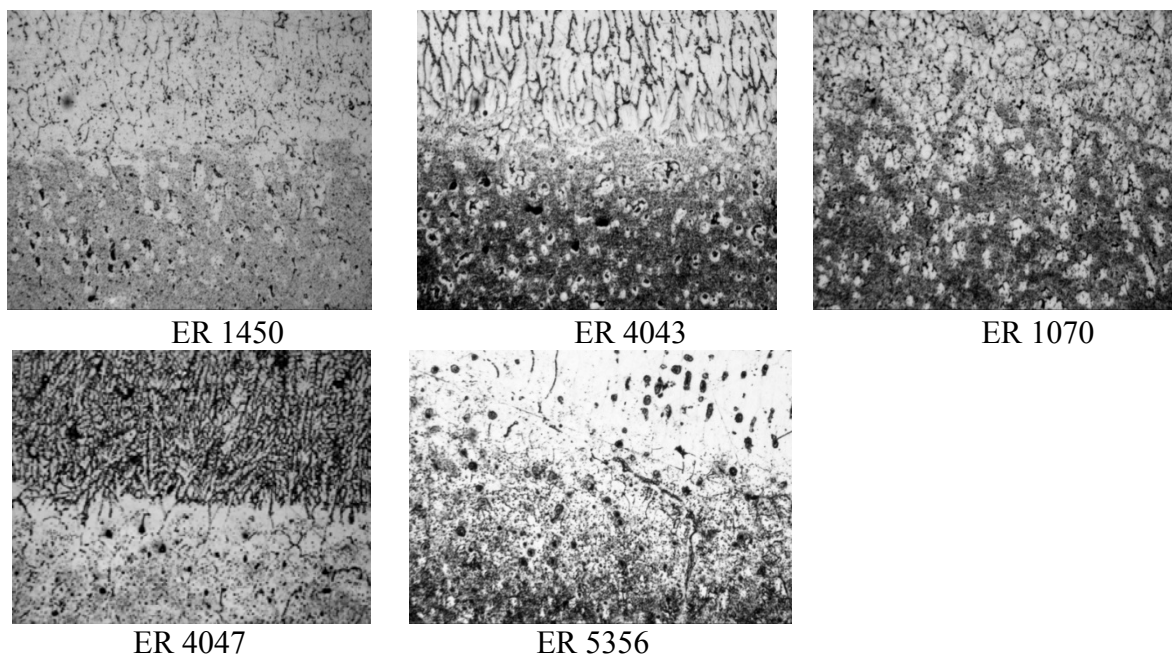


Рисунок 1 – Структуры наплавленных материалов

Заключение. Восстановление рычага разработанным способом, позволит исключить огромные затраты на работу предприятий по переплавке лома и изготовлению отливок стандартным способом. Существенно снижая стоимость продукции при сохранении ее качества.

Студенты гр.104112 Ивко Я.В., Кецко А.Н., Серeda В.Ю.
 Научные руководители – Урбанович Н.И., Комаров О.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Исследования связующей способности алюмината натрия (NaAlO_2) показали, что этот материал обеспечивает высокую прочность различных смесей и, что особенно важно, эта прочность не снижается при нагреве до $1300\text{ }^\circ\text{C}$ [1]. В связи с этим, появилась необходимость проверить возможность использования раствора NaAlO_2 в качестве связующего для покрытий электродов вместо жидкого стекла, которое широко используется при изготовлении электродов. Замечено, что смеси на жидком стекле теряют прочность при длительном хранении. Провели серию опытов по сравнительному изменению прочности смесей на основе дисенсилиманита со связующими: жидким стеклом (модуль 2,7) и алюминатом натрия, 50 процентный раствор которого состоял из Na_2O и Al_2O_3 с соотношением (0,8 : 1).

Образцы готовили по методике, описанной в работе [1], а испытания на твердость (прочность) проводили по методике [2]. Результаты исследований показаны на рисунке.

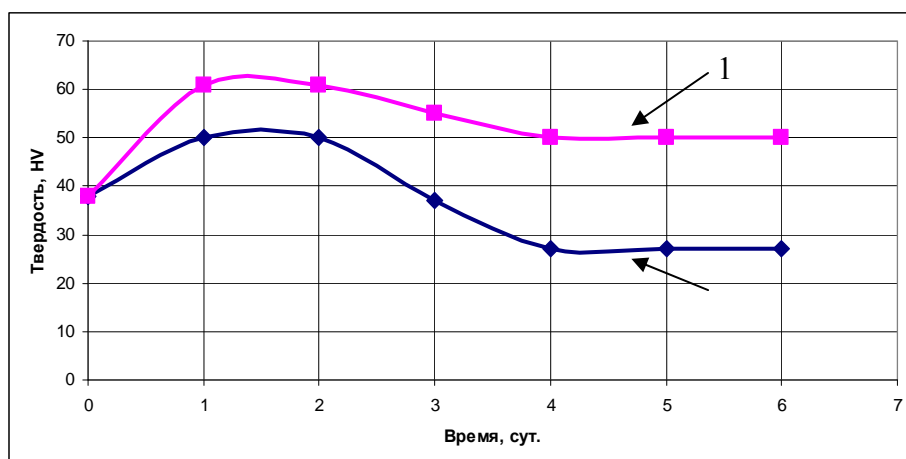


Рисунок 1 – Влияние времени выдержки на твердость образцов:
 1 – $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; 2 – $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$

В обоих случаях содержание связующего в смесях составляло 6 % от массы наполнителя. Как следует из рисунка, хранение в течение 2 суток приводит к упрочнению образцов. В дальнейшем прочность снижается, оставаясь более высокой в случае применения алюмината натрия.

Таким образом, по показателю прочности, покрытие электродов, содержащее в качестве связующего NaAlO_2 , более предпочтительно, чем покрытие с жидким стеклом.

Список использованных источников

1. Комаров, О.С. Поиск составов литейных красок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 23 – 31.
2. Комаров, О.С. Методика определения прочности противопопригарных красок. / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 31 – 35.

Получение порошковых капиллярных структур контурных тепловых труб

Студенты гр. 10406112 Леонович А.С., Литвинко В.Н.
Научные руководители – Мазюк В.В., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Применение пористых порошковых материалов в качестве покрытий тепловыделяющих поверхностей является наиболее эффективным и надежным способом интенсификации теплообмена при испарении [1]. Пористый слой имеет разветвленную систему сообщающихся между собой капиллярных каналов, через которые происходят эвакуация пара и подпитка порового пространства жидкостью.

В т.н. традиционных тепловых трубах капиллярная структура представляет собой тонкий (толщиной порядка 1 мм) слой пористого материала, спеченного из металлического порошка, расположенный на внутренней поверхности корпуса тепловой трубы диаметром порядка 1 см.

Капиллярную структуру целесообразно спекать непосредственно в корпусе испарителя, обеспечивая надежный тепловой контакт между капиллярной структурой и корпусом, а паропроводные каналы выполнять внутри капиллярной структуры, оставляя всю нагреваемую поверхность корпуса покрытой капиллярно-пористым материалом. Такая конструкция капиллярной структуры позволяет в несколько раз повысить предельный тепловой поток в испарителе [2].

Перспективным для решения указанной проблемы способом является использование жидкофазного спекания сформованной непосредственно на внутренней поверхности трубы капиллярной структуры из двухкомпонентной смеси мелкодисперсных порошков (Cu-Al, Cu-Sn, Cu-Mg, Al-Mg, Al-Zn, Ti-Al, Ni-Al, Ni-Cu и др.). Особенность этого процесса состоит в том, что при определенных режимах спекания образование жидкой фазы сопровождается не усадкой, а значительным объемным ростом спекаемых порошковых покрытий. Это относится к системам с большой однополярной растворимостью в твердой фазе компонента, образующего расплав.

Механизм роста двухкомпонентных порошковых формовок в присутствии расплава состоит в том [3], что вследствие диффузии из жидкой фазы в твердую исходный размер частиц спекаемого порошка увеличивается, приводя к пропорциональному изменению объема формовки в целом.

Явление диффузии из жидкой фазы в твердую уже в первый момент их контакта обусловлено спецификой взаимодействия жидких металлов с твердыми. Диффузия из жидкой фазы в твердую, приводя к образованию в поверхностном слое последней твердого раствора, понижает точку плавления и тем самым подготавливает жидкую фазу к переходу в расплав путем растворения или плавления. Поскольку для усадки необходим массоперенос через жидкую фазу, связанный с перекристаллизацией, то в подобной системе образование расплава вызывает только рост формовок, особенно при низких температурах, когда растворимость в жидкой фазе незначительна, а в твердой – велика.

В работе выполнены экспериментальные исследования объемных изменений в процессе жидкофазного спекания свободнонасыпанных и слабоуплотненных двухкомпонентных порошковых материалов с основной компонентой из никеля, титана и алюминия. Установлено, что присутствие в порошковой засыпке активирующей добавки (алюминия и меди к никелевой основе, алюминия к титановой основе, магния к алюминиевой основе), служащей причиной образования в процессе спекания жидкой фазы, при определенных режимах спекания вызывает рост высокопористых образцов. Выявлена совокупность исходных факторов (пористости, содержания добавки), при которой объем образца после спекания остается

прежним. Это является важным при изготовлении капиллярных структур: отсутствие усадки позволяет получить надежный контакт капиллярной структуры с корпусом испарителя, а отсутствие объемного роста капиллярной структуры устраняет связанные с последним проблемы при формировании пароотводных каналов.

В результате выполненных исследований процесса жидкофазного спекания двухкомпонентных порошковых материалов на основе никеля, титана и алюминия разрабатываются технологические режимы получения капиллярных структур контурных тепловых труб.

Список использованных источников

1. Кутепов, А.М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании / А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин. – М.: Высш. шк., 1986. – 448 с.
2. Maziuk, V. Heat Flow Distribution in Evaporators of Loop Heat Pipes / V. Maziuk, A. Rak, A. Balashchanka. – Proc. of the 4th Minsk Int. Seminar «Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators», September 4 – 7, 2000, Minsk, pp. 231 – 236.
3. Савицкий, А.П. Рост брикетов при жидкофазном спекании / А.П. Савицкий, Н.Н. Бурцев // Порошковая металлургия. – 1979. – № 2. – С. 31 – 38.

**Охрана труда
и
промышленная
безопасность**

**Меры безопасности при работе с мощными лазерами 4-го класса опасности
на примере CO₂-ЛАЗЕРА «ROFIN»**

Студент гр. 11311212 Свибович И.В.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Класс опасности лазерных изделий определяется при их разработке и указывается в технических условиях на изделия, эксплуатационной, ремонтной и другой технической и рекламной документации. К 4 классу опасности относят лазерные изделия, диффузно отраженное излучение, которых опасно для наблюдения незащищенным глазом и открытых частей кожи на расстоянии 10 см. При эксплуатации лазера «ROFIN» возникают опасные и вредные производственные факторы физические, химические и психофизиологические. К физически опасным и вредным производственным факторам при работе лазерной установки «ROFIN» относят лазерное излучение (прямое, рассеянное или отраженное), ультрафиолетовое излучение, электромагнитное излучение, повышенное значение напряжения в электрических цепях, повышенная (пониженная) температура воздуха рабочей зоны, повышенная (пониженная) яркость света. К химическим опасным факторам при работе лазерной установки «ROFIN» относятся газы с концентрацией превышающей предельно допустимую и продукты взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемыми материалами. Монотония, гипокинезия, эмоциональная напряженность, психологический дискомфорт, локальные нагрузки на мышцы и кисти предплечья, напряженность анализаторных функций (зрение, слух) относят к факторы тяжести и напряженности трудового процесса. Для уменьшения воздействия вредных факторов проводятся мероприятия по безопасности труда подразделяются на организационно-технические и на мероприятия по индивидуальной защите.

Основные факторы, определяющие биологические изменения тканей, вызванные лазерным излучением, следующие: биологические свойства ткани; время экспозиции; функциональные особенности облучаемой ткани; поглощенная доза лазерного излучения, которая зависит от оптических свойств ткани; длина волны излучения; энергия излучения; частота следования импульсов; длительность импульса. Лазерное излучение представляет опасность, главным образом, для тех тканей, которые непосредственно поглощают излучение, поэтому с позиции оценки потенциальной опасности воздействия и защиты от лазерного излучения рассматривают в основном глаза и кожный покров. Наиболее чувствительными к лазерному излучению являются глаза. Воздействие на глаза или кожу прямого или отраженного излучения установки «ROFIN» приводит к серьезным травмам и даже полной потере зрения. Способы защиты персонала от лазерного излучения подразделяются на коллективные и индивидуальные. Рассмотрим коллективные средства защиты, применяемые при эксплуатации лазерной установки. Попаданию излучения за пределы рабочей зоны препятствует защитный экран, изготовленный из огнестойкого материала (сталь). Внутренняя поверхность помещения окрашена вододисперсионной краской голубого цвета, обеспечивающей максимальное рассеяние излучения лазера. Доступ на лазерный участок посторонним лицам ограничен. Входные двери помещений для лазеров III – IV класса оборудуются внутренними замками, знаком лазерной опасности и табло «Посторонним вход воспрещен». На участке отсутствуют блестящие предметы, для предотвращения поражения зеркально и диффузно отраженным излучением. Для предотвращения поражения оператора отраженным лазерным излучением части корпуса, на которые попадает луч, имеют черное матовое покрытие. К средствам индивидуальной защиты от воздействия лазерного излучения, используемым только в комплексе со средствами коллективной защиты, относятся защитные очки и маски со светофильтрами.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомляемости. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Но в то же время лазерный участок освещён достаточно ярко, чтобы препятствовать тёмной адаптации глаз (300 – 400 лк). На участке применяется естественное и искусственное освещение в светлое время суток и искусственное – в темное. При работе лазерного комплекса «ROFIN» возможно выделение токсичных веществ. Для снижения концентрации аэрозолей, содержания вредных химических и токсичных веществ в воздухе рабочей зоны помещение оснащается приточно-вытяжной вентиляцией, а зона обработки дополнительно оборудованы местной вытяжкой со встроенными фильтрами. Температура воздуха в холодное время года поддерживается с помощью водяного отопления, в теплое время – с помощью кондиционера. Расположение входного и выходного канала общеобменной вентиляции обеспечивает нормативную скорость движения воздуха. Необходимая влажность воздуха в помещении обеспечивается увлажнителем.

Шум возникает при взаимодействии излучения с мишенью и работе отдельных агрегатов установки – компрессора, блока питания, координатного стола и чиллера. Уровень шума при работе лазерной установки «ROFIN» достигает 50 дБА. Нормативный уровень шума на рабочем месте оператора – 60 дБА. Устанавливать дополнительные звукозащитные кожухи и экраны не требуется, т.к. уровень шума, находится в допустимых пределах. Зона действия электрического поля лазерной установки «ROFIN» создается токами промышленной частоты напряжением около 400 кВ. Для защиты от электромагнитных полей место нахождения персонала отгорожено от установки защитным экраном. В качестве защитных экранов применяются металлические листы, которые обеспечивают быстрое затухание поля в материале, проволочные сетки, фольговые и радиопоглощающие материалы, сотовые решетки. Однако блок питания и сам лазер сконструированы таким образом, что электромагнитные поля гасятся внутри корпуса установки. Вследствие чего, установка не требует дополнительного экранирования.

При работе на лазерной установке «ROFIN» (напряжение в сети = 380/220 В) источниками поражения электрическим током бывают лазер, источник питания, устройство охлаждения. Рассмотрим основные меры защиты от поражения током на участке: токоведущие части, находящиеся под напряжением, имеют ограждения со специальной блокировкой, снимающей напряжение при их открывании. Элементы конструкции, с которой соприкасается оператор, выполнены из диэлектрического материала. В случае неисправности предусмотрена возможность немедленного отключения лазерного изделия от первичного источника питания по средствам устройства отключения питания (контакты). Цепи высоковольтного питания отмечены предупреждающей надписью: «Стоять! Высокое напряжение». Проводится постоянный контроль в отношении состояния электропроводки, выключателей, штепсельных розеток и шнуров (визуальный осмотр). Лазер «ROFIN»-газовый лазер, с активной средой CO₂. Активная среда CO₂ и вспомогательный газ N₂ поставляются в установку посредством трубопроводов из сосудов работающих под давлением свыше 5 атм. Это обуславливает требования выполнению особых мер по обеспечению техники безопасности при работе с сосудами под давлением. Во избежании разогрева баллона, их не располагают в непосредственной близости разогретых объектов. Каждый сосуд, работающий под давлением, находится на специальной платформе препятствующей опрокидыванию баллона. Все газопроводы спрятаны в защитные кожухи. Каждый сосуд, работающим под давлением, снабжен исправным манометром, опломбированным КИП. Помещения с лазерами 4 класса относятся к взрывопожароопасным помещениям. Отделку помещений выполняют только из негорючих материалов.

Таким образом, были описаны опасные, вредные производственные факторы, дана оценка их влияния на человека. Представлены мероприятия и средства защиты от вредных для здоровья физических факторов. Комплекс мер по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

тельности и улучшению условий труда работников на лазерном участке, способствует высокой производительности труда и хорошему самочувствию.

УДК 331.45

Техника безопасности в оптическом производстве

Студент гр. 11311112 Шиманович А.А.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Правила охраны труда и промышленной безопасности предусматривают создание таких условий труда, которые оградили бы работающих от профессиональных заболеваний, обеспечили бы наименьшую утомляемость и исключили возможность ожогов, ранений, отравлений, поражений электрическим током и других видов травматизма.

Требования к различным помещениям оптического цеха зависят от характера выполняемых в них работ. Все финишные операции, к которым относятся нанесение покрытий химическим и физическим способами, изготовление сеток, склейка оптических деталей, контроль оптических деталей, должны выполняться в условиях высокой технологической гигиены. Температура и влажность воздуха должны быть достаточно постоянными и соответствовать установленным нормам. Оборудование размещается в соответствии с установленными нормами. При установке оборудования предусматриваются необходимые проходы для безопасного передвижения работающих, обслуживания и текущего ремонта оборудования. Размещение оборудования должно соответствовать последовательности этапов технологического процесса и обеспечивать кратчайший путь обрабатываемых деталей

В зависимости от назначения оборудования к нему подводится электрический ток, сжатый воздух, горячая и холодная вода, а также подключается канализация. Центрировочные и фрезерные станки оборудуются централизованным питанием охлаждающей жидкостью. Рабочие места, где имеются выделения вредных или горючих газов, паров или пылевидных материалов, оборудуются вытяжной вентиляцией. Вентиляционные устройства оформляются в виде бортовых отсосов, зондов или шкафов. Вытяжная вентиляция должна обеспечивать заданную чистоту воздуха. Допустимое наличие вредных веществ оговаривается специальными правилами. Все виды оборудования, питаемого электрическим током, должны быть безопасными и исключать возможность поражения током работающего. Оборудование должно быть надежно заземлено. Требования охраны труда в аварийных ситуациях одинаковы при выполнении всех без исключения работ в оптическом цехе, поэтому мы о них расскажем сразу, чтобы не останавливаться далее. При обнаружении признаков пожара, необходимо сообщить в пожарную охрану о месте пожара, что горит, чему угрожает пожар, назвать свою фамилию и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, соблюдая меры личной безопасности.

При несчастном случае на производстве необходимо: 1) оказать пострадавшему доврачебную помощь; 2) сообщить непосредственному руководителю о произошедшем несчастном случае; 3) помочь доставить пострадавшего в ближайшее медицинское учреждение, а при необходимости 4) вызвать медицинских работников на место происшествия; 5) сохранить место происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью работающих; 6) пострадавший и очевидец обязаны сообщить все известные обстоятельства произошедшего членам комиссии по расследованию несчастного случая.

Каждый работник обязан уметь оказывать доврачебную помощь пострадавшему, которая включает в себя следующие группы мероприятий: 1) прекратить воздействие внешних поражающих факторов и удалить пострадавшего из неблагоприятных условий, в которые он попал; 2) оказать доврачебную помощь пострадавшему в зависимости от характера и вида

травмы;3) организовать вызов врача или при необходимости немедленную доставку пострадавшего в лечебное учреждение.

В условиях предприятий требования по охране труда принято излагать в виде инструкций по охране труда, разрабатываемых соответствующими подразделениями. Инструкции подлежат согласованию с главными специалистами по направлениям, первичной профсоюзной организацией и утверждаются первым лицом – директором. В условиях предприятий требования по охране труда принято излагать в виде инструкций по охране труда, разрабатываемых соответствующими подразделениями. Инструкции подлежат согласованию с главными специалистами по направлениям, первичной профсоюзной организацией и утверждаются первым лицом – директором.

УДК 331.45

Техника безопасности при ультразвуковой чистке

Студент гр. 11309112 Степанцова М.В.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ультразвуковая мойка – это ванна, снабженная ультразвуковым генератором, обеспечивающая эффективную очистку деталей и инструментов.

Высокочастотный звук, распространяясь в жидкости, создает попеременно волны высокого и низкого давления. Они образуют миллионы микроскопических пузырьков, которые немедленно "взрываются", высвобождая силу, во много раз превосходящую ту, что вы прикладываете к процессу очистки щеткой. При таком процессе, называемом кавитацией, частички грязи отрываются от всей поверхности обрабатываемого изделия. При нагреве времени на очистку затрачивается еще меньше.

Частота ультразвука не влияет на качество очистки, но чем выше частота, тем более мелкие частицы удаляются. Обычно используется частота 35 кГц.

Рабочие и служащие должны пользоваться спецодеждой, защитными средствами и приспособлениями.

При рассмотрении охраны труда при ультразвуковой мойке необходимо рассмотреть общие положения. К ним относятся:

1. К работе на установке допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, обучение по специальности, инструктаж на рабочем месте, сдавшие экзамен и получившие право на выполнение самостоятельной работы

2. Опасные и вредные факторы:

- опасность поражения электрическим током;
- опасность ожогов химически ядовитыми веществами.

1. При возникновении аварийной или пожарной ситуации немедленно докладывать мастеру (бригадиру) и действовать по его указанию

Также есть требования к работающим:

1. Перед началом работы нужно:

- a) Подготовить рабочее место, убрать все посторонние предметы;
- b) Проверить надежность подключения заземления, соединительных кабелей;
- c) Подготовить к работе компоненты для заправки в ванну с соблюдением мер предосторожности применением защитных средств;
- d) Включить и проверить работу вытяжной вентиляции.

2. Во время работы

- a) Промывку изделий осуществлять только в специальной таре;

- b) Загрузку и выгрузку изделий осуществлять только при выключенной установке в защитных средствах;
- c) Не допускать к работе посторонних лиц;
- d) Постоянно следить за работой установки, немедленно выключать в случае каких-либо отклонений от рабочего режима;
- e) Следить за тем, чтоб во время работы установка была закрыта крышкой;
- f) Не допускать попадания в ванну посторонних предметов.

3. По окончании работы

- a) Выключить установку, убрать рабочее место;
- b) Провести профилактическое обслуживание установки;
- c) Привести в порядок и убрать спецодежду и защитные средства;
- d) Тщательно вымыть руки с использованием моющих средств;

Также существуют действия, которые запрещены:

- 1. Хранить на рабочем месте запас ядовитых веществ более чем на смену;
- 2. Хранить компонент отбеливания в открытом виде без четких надписей на таре с названиями этих компонентов;
- 3. Работать на установке без вытяжной вентиляции.

УДК 331.45

Техника безопасности при обработке цветного камня

Студент гр.11309112 Туровец Л.И.
 Научный руководитель – Автушко Г.Л.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Ювелирное производство включает в себя ряд технологических процессов, которые требуют для создания безопасных условий труда при их выполнении осуществления комплекса организационно-технических и профилактических мероприятий.

В зависимости от структуры ювелирного подразделения (цех, мастерская) на предприятии должны быть разработаны конкретные инструкции по технике безопасности для работы на всех видах оборудования, а также для рабочих различных профессий, занятых в ювелирном производстве. Инструкции должны быть согласованы с месткомом профсоюза и утверждены главным инженером предприятия. Обязанность всех работников – строго выполнять требования соответствующих инструкций по технике безопасности.

Приступая к разработке мероприятий для создания безопасных условий труда, необходимо в первую очередь определить основные очаги опасности. Таковыми в ювелирном производстве являются возможные поражения электрическим током, отравления дыхательных путей, ожоги, возгорания, травмы рук в процессе выполнения слесарно-механических операций и др. В соответствии с возможными очагами опасности надо предусмотреть и осуществить такие организационно-технические мероприятия, которые при условии соблюдения работниками требований соответствующих инструкций по технике безопасности обеспечивали бы полную безопасность при выполнении всех процессов ювелирного производства.

К работе на камнеобрабатывающих станках допускаются мастера, хорошо изучившие станок, обученные безопасным приемам работы на нем и знающие инструкцию по технике безопасности. Работая на станке с отдельными электромоторами, рабочий должен уметь пользоваться электроаппаратурой управления: кнопочными или магнитными пускателями, рубильниками, выключателями, розетками.

Каждое рабочее место перед началом работы должно быть осмотрено мастером или бригадиром, а в течение суток – начальником цеха или участка, которые должны запретить выполнение работ при обнаружении нарушений правил техники безопасности.

Прежде чем приступить к работе, рабочий сам должен убедиться в безопасном состоянии рабочего места, проверить исправность станка, механизма и инструментов.

Все вращающиеся и движущиеся части машин, механизмов и приводов, а также части, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты кожухами или защищены металлическими ограждениями. Пуск в эксплуатацию станков и механизмов без ограждений запрещается. Перед пуском механизмов в работу следует предварительно давать сигнал.

Ремонт оборудования в процессе работы запрещен. Перед производством ремонтных работ оборудование должно быть обесточено.

Отходы, пыль и грязь с оборудования, около него и из опасной зоны должны убирать только те лица, которые непосредственно работают на этом оборудовании, причем только с помощью специального инвентаря (крючков, щеток, сметок). Продувка сжатым воздухом не разрешается. Очистка оборудования также должна производиться с использованием специальных приспособлений (щеток, скребков и т. п.).

Работать разрешается только в спецодежде, спецобуви и с индивидуальными защитными средствами по действующим нормам.

Во время работы необходимо внимательно следить за световыми и звуковыми сигналами и командами.

Рабочие места должны постоянно содержаться в чистоте. Следует помнить, что о разбросанные возле станка обломки камня и инструменты можно споткнуться.

Важным условием безопасной работы является опрятность и аккуратность в одежде. Нужно иметь в виду, что незастегнутые манжеты рукавов, незавязанные тесемки спецодежды и т. п. могут попасть во вращающиеся детали станка и стать причиной несчастного случая.

К несчастному случаю может привести также неосторожное обращение с заготовками при их установке и креплении перед обработкой, неисправность ручных инструментов или неправильное их применение. Так, гаечный ключ несоответствующего размера при завертывании гайки может сорваться и вызвать ушиб. Забоины на рукоятке ключа приводят к ссадинам на руках рабочего. Представляет опасность наращивание длины рукоятки ключа при помощи второго ключа или трубы. Об этом необходимо всегда помнить.

Необходимо также следить за тем, чтобы молотки и кувалды были надежно насажены на рукоятку, а сама рукоятка не имела трещин и заусенцев. Во избежание травм следует пользоваться только правильно заправленными шпунтами, скампелями, закольниками без трещин и заусенцев. Конец отвертки должен быть правильно заточен, иначе отвертка может выскользнуть из прорези винта и причинить травму. На рабочие места не должны допускаться лица, не связанные с выполнением данной работы.

Техника безопасности в ювелирной мастерской подразумевает работу в защитных средствах. Не стоит пренебрегать защитными очками или противопылевой маской и перчатками. Обязательно нужно одевать защитные очки при работе на полировальном станке, это сохранит глаза от случайного попадания мелких частиц. А противопылевая маска защитит легкие от вдыхания мельчайших частиц пыли или токсичной кислоты, вредной для организма.

Обязательно нужно закреплять любые изделия в соответствующих зажимах или тисках, вылетевшая деталь, пускай и очень маленькая, попав не в то место, может нанести серьезную травму. Все производственные помещения должны быть оснащены средствами пожаротушения. Кроме перечисленных возможны и другие условия, вызывающие различного рода опасности (работа неисправным инструментом или на неисправном оборудовании, нарушение требований техники безопасности при работе на камнерезных и шлифовальных станках и др.).

С целью предупреждения травматизма необходимо в соответствии с установленным порядком проводить инструктаж работников: вводный – при поступлении на работу, первичный – непосредственно на рабочем месте и аperiodический – в процессе всей производственной деятельности (не реже одного раза в квартал).

Студенты гр. 10608112 Харитонов А.А., Крук Д.О., Шастакович А.С.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для организации безопасной перегрузки активной зоны проектами РУ (реакторная установка) и АЭС должны быть предусмотрены системы аварийного охлаждения активной зоны.

Состав, структура и характеристики систем аварийного охлаждения активной зоны должны быть обоснованы в проектах РУ и АЭС. Системы аварийного охлаждения активной зоны должны проектироваться с учетом принципов независимости и резервирования и быть способны с учетом принципа единичного отказа или ошибки персонала выполнять функцию предотвращения нарушения проектных пределов повреждения ТВЭЛов при проектных авариях.

Перечень параметров, уставки и условия срабатывания систем аварийного охлаждения должны быть обоснованы в проекте РУ (АЭС) на основе анализа проектных аварий.

Допустимость и условия вывода из работы одного канала системы аварийного охлаждения активной зоны должны быть обоснованы в проекте РУ (АЭС).

В проекте РУ должны учитываться все возможные воздействия на системы (элементы), связанные с включением и работой систем аварийного охлаждения активной зоны, технические и организационные меры по исключению несанкционированного доступа к системам аварийного охлаждения активной зоны, должен содержать обоснование показателей надежности систем аварийного охлаждения активной зоны. При нахождении реактора в подкритическом состоянии включение и работа систем аварийного охлаждения активной зоны не должны выводить его из подкритического состояния.

Системы аварийного охлаждения должны обеспечивать расхолаживание и длительное поддержание активной зоны реактора при значениях параметров теплоносителя, обоснованных в проекте РУ. В проекте РУ должны быть обоснованы и приведены состав устройств перегрузки, а также требования к ним, выполнение которых обеспечивает безопасность обращения с ТВС (тепловыделяющей сборкой) и другими элементами активной зоны при перегрузке, в том числе при отказах и повреждениях устройств перегрузки. Должен быть обеспечен теплосъем с перегружаемых ТВС без превышения температурных параметров ТВЭЛов, установленных проектом РУ для операций перегрузки при нормальной эксплуатации и отказах. Устройства перегрузки должны быть спроектированы так, чтобы при их нормальной эксплуатации и отказах не нарушались условия нормальной эксплуатации РУ и приреакторных хранилищ ядерного топлива.

В проекте РУ должны быть приведены требования к монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту, испытаниям и периодической проверке устройств перегрузки, а также требования к их надежности. Устройства перегрузки должны быть спроектированы (сконструированы) так, чтобы к ним был возможен доступ для проведения инспекций, ремонта, испытаний и технического обслуживания. При проектировании устройств перегрузки предусматриваются меры, направленные на предотвращение повреждения, деформации, разрушения или падения ТВС и других элементов активной зоны, а также приложения к ним недопустимых усилий при извлечении или установке. Значения предельно допустимых усилий должны быть приведены в проекте РУ. Использование для перегрузки неprojektных средств запрещается. При проектировании устройства перегрузки должно быть предусмотрено, чтобы прекращения подачи энергообеспечения не приводило к падению ТВС и других перегружаемых элементов активной зоны.

В проекте РУ должны быть обоснованы и установлены допустимые скорости перемещения ТВС и других элементов активной зоны перегрузочными устройствами. Должны быть предусмотрены технические средства (блокировки и т.п.), обеспечивающие перемещение устройств перегрузки в допустимых границах. При отказе или нарушении условий эксплуатации устройств перегрузки проектом РУ должно быть предусмотрено оборудование для надежного перемещения ТВС и других элементов активной зоны в безопасные места. В устройствах перегрузки должны быть предусмотрены пульта (панели) с показывающими приборами для предоставления информации о положении (состоянии) и ориентации ТВС, других перегружаемых элементов активной зоны и захватов. Должна быть исключена возможность перемещения устройств перегрузки в момент соединения с технологическим каналом или во время ввода ТВС и других перегружаемых элементов в активную зоны (извлекаемых из активной зоны).

Для предотвращения перемещения устройств перегрузки при нахождении ТВС и других перегружаемых элементов активной зоны в непроектном положении должны быть предусмотрены блокировки. Для контроля перегрузки должна быть предусмотрена система промышленного телевидения. В проекте РУ должен быть определен перечень операций при перегрузке, контролируемых с использованием системы промышленного телевидения.

В проекте РУ должны быть обоснованы: способы проведения перегрузки; периодичность, объем и регламент перегрузки; технические средства и организационные меры по обеспечению ядерной безопасности при проведении перегрузки, включая контроль плотности потока нейтронов; рабочая концентрация раствора жидкого поглотителя (в случае его использования), точки отбора проб, средства ее контроля и способы поддержания.

В проекте РУ в качестве исходных событий, помимо отказов оборудования системы перегрузки, должны быть рассмотрены возможные ошибки при загрузке (перегрузке) и их последствия, а также разработаны мероприятия по исключению ошибок.

Порядок проведения перегрузки активной зоны определяется программой и (или) инструкцией по перегрузке, рабочим графиком и картограммами перегрузки, составленными персоналом АЭС, утвержденными администрацией АЭС и согласованными в установленном порядке. При проведении перегрузочных и ремонтных работ организационными мероприятиями и по возможности техническими средствами должно предотвращаться попадание посторонних предметов во внутреннее пространство оборудования, арматуры и трубопроводов РУ. В реакторах, где перегрузка осуществляется с расцеплением рабочих органов СУЗ (средства управления и защиты), перегрузка должна проводиться при введенных в активную зону рабочих органах СУЗ и других средствах воздействия на реактивность. Минимальная подкритичность реактора в процессе перегрузки с учетом возможных ошибок должна составлять не менее 0,02. В реакторах, где перегрузка осуществляется с расцеплением рабочих органов СУЗ и реактивность компенсируется раствором жидкого поглотителя, перегрузка должна проводиться при введенных в активную зону органов СУЗ и других средствах воздействия на реактивность. Концентрация раствора жидкого поглотителя должна быть доведена до значения, при котором (с учетом возможных ошибок) обеспечивается подкритичность реактора не менее 0,02 (без учета введенных рабочих органов СУЗ). В реакторах, в которых при перегрузках требуемая подкритичность обеспечивается раствором жидкого поглотителя, должны быть предусмотрены технические средства и организационные меры, гарантирующие при перегрузках исключение подачи чистого конденсата в реактор и в первый контур. В реакторах корпусного типа с верхним расположением приводов СУЗ конструкция реактора и исполнительных механизмов СУЗ должна обеспечивать расцепленное состояние рабочих органов СУЗ при снятии верхнего блока. Средства диагностики должны регистрировать расцепленное состояние.

В проекте РУ должны быть предусмотрены технические меры, исключаящие «всплытие» рабочих органов СУЗ при перегрузках, либо в проекте должна быть обоснована невозможность «всплытия» рабочих органов при перегрузках.

Для реакторов с частичной перегрузкой после завершения перегрузки должны быть проведены испытания (измерения) по подтверждению основных проектных и расчетных нейтроннофизических характеристик активной зоны. Для реакторов с непрерывной перегрузкой периодичность испытаний (измерений) должна быть обоснована в проекте РУ.

В процессе испытаний должно проверяться соответствие экспериментальных результатов измерений расчетным параметрам по критериям, установленным в проекте РУ.

УДК 658.382:620

Безопасность при эксплуатации подземных кабелей

Студенты: гр. 107612 Замулко С.В., гр. 10603112 Шинкевич А.М, Борушко М.А.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Производство работ в охранных зонах линий электропередачи или в пределах, установленных Правилами охраны высоковольтных электрических сетей, разрешается по наряду-допуску и только при наличии письменного разрешения органов власти и организации, эксплуатирующей линии. Наряд-допуск на производство работ в охранных зонах и вблизи линий электропередачи выдает инженерно-технический работник (лицо, ответственное за электрохозяйство организации), назначенный приказом по организации. Этот наряд-допуск утверждает главный инженер строительно-монтажной организации, после чего его подписывают ответственный руководитель (мастер, прораб) и ответственный исполнитель (бригадир, звеньевой, старший рабочий). Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения данного объема работ.

Охранной зоной трасс электрических кабелей является поверхность земли, расположенная над подземными кабелями, плюс 1 м в обе стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами – 0,6 м в сторону зданий и сооружений и на 1 м – в сторону проезжей части улицы. В охранной зоне трасс кабельных линий производство каких-либо земляных работ (вскрытие земляных покровов, землеройные работы и т.д.), угрожающих целостности кабелей, без согласования с эксплуатирующей эти кабели организацией запрещается. На производство земляных работ вблизи и в охранной зоне электрических кабелей необходимо иметь ордер на разрытие и наряд-допуск, подписанный главным инженером генподрядной организации, которая несет полную ответственность за соблюдение требований безопасности при производстве работ. Допуск к земляным работам производит представитель организации, эксплуатирующей кабели, который оформляется актом, с эскизом расположения кабелей на обороте, а также при соблюдении следующих условий:

- наличия у ответственного производителя работ ордера на разрытие и выкопировки планировки подземных сооружений;

- получения у представителя эксплуатирующей организации «предупреждения» и разъяснения по технике безопасности, разметке границ безопасного производства работ;

- выполнения в присутствии представителя эксплуатирующей организации контрольного шурфования вдоль всей трассы кабелей, на которой ведутся земляные работы, с расстоянием между шурфами не более 10 м;

- исполнения надежной защиты коробами и укрепления на прочном основании в горизонтальном направлении обнаженных кабелей и соединительных муфт;

- занесения в бортовой журнал землеройного эскиза расположения кабелей.

Расширять намеченную и согласованную зону раскопок без дополнительного согласования с организацией, эксплуатирующей кабели не разрешается.

При разрытии все кабели напряжением свыше 1000 В должны быть отключены.

При производстве работ вблизи и в охранных зонах электрических кабелей соблюдают следующие требования безопасности:

- контрольные шурфы роют на ширину лопаты на расстоянии не менее 0,5 м от предполагаемой трассы кабеля, постепенно приближаясь к кабелю до его обнажения;
- обнаженные кабели не перекалывают и не скрещивают;
- если раскопки производятся на глубине большей, чем глубина прокладки кабелей, и кабели обнажены на протяжении более 1 м, то их укладывают заранее изготовленные короба;
- одна из стенок короба должна быть съемной и закрепляться без гвоздей;
- использовать соединение кабели и трубопроводы для подвешивания кабелей запрещается.

Не допускается производство раскопок землеройными машинами на расстоянии менее 1 м и применение клин-бабы и аналогичных ударных механизмов на расстоянии менее 5 м от кабелей. При выполнении земляных работ над кабелями применение обойных молотков для рыхления грунта и землеройных машин для его выемки, а также ломов и кирок допускается только на глубину, при которой до кабелей остается слой грунта не менее 0,3 м. Дальнейшая выемка грунта должна производиться лопатами. Перед началом раскопок кабельной линии, должно быть проведено контрольное определение глубины залегания КЛ шурфовкой под надзором работников эксплуатирующей организации – владельца КЛ.

После получения письменного разрешения органа местной власти, по территории которого проходит КЛ, и владельца КЛ с обязательным приложением ее схемы реальное местоположение КЛ и глубина залегания определяются контрольным вскрытием под надзором представителей эксплуатирующей организации. Производство раскопок землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также использование отбойных молотков, ломов и кирок на глубину, когда до кабеля остается слой грунта менее 30 см, не допускаются. Далее работы осуществляются только лопатой и с большой осторожностью. При производстве земляных работ в непосредственной близости или над кабельными линиями электропередачи должны соблюдаться требования, согласно которым разработка грунта механизированным способом разрешается в местах пересечения действующих подземных коммуникаций на расстоянии не менее 2 м от кабеля со стороны и 1 м над кабелем. В случае, если эти условия не могут быть соблюдены, выемка грунта должна производиться лопатами. Запрещается применение ломов и подобных инструментов.

Как видим, требования по безопасности работ в охранной зоне подземной кабельной линии имеют вид многоуровневой защиты с перекрестным контролем. В подобной системе безопасности любые материалы для защиты кабеля от механических повреждений в виде защитно-сигнальных лент, бетонных плит, кирпича, труб имеют, несомненно важной, но не основное значение.

С началом выпуска ленты защитно-сигнальной серии ЛЗС требования к защитным материалам для подземного кабеля поднялись на новую планку, ведь для разрушения ленты ЛЗС толщиной 3,5 мм требуется механическое усилие в 5 раз большее, чем к примеру, механическое усилие, разрушающее кирпич. Визуально это можно показать на примере со вставшим на «дыбы» экскаватором на базе МТЗ-82, захватившим ковшом ленту ЛЗС. Расчеты показывают, что при вылете стрелы подобного топа экскаватором на расстояние более чем 2,7 м усилие, необходимое для опрокидывания экскаватора будет меньше, чем усилие на разрыв 50-метрового отрезка ленты размерами 250x3,5 м. При таких условиях экскаватор, зацепивший ковшом ленту ЛЗС, начнет приподнимать. И это в случае захвата ленты режущей кромкой ковша. При перехлесте через ковш ленты усилие на разрыв будет еще больше чем на 1,5 м ленту порвать сложнее, чем опрокинуть экскаватор.

Охранные зоны над подземными кабельными линиями установлены для обеспечения сохранности электрических сетей, надежного снабжения электроэнергией промышленности и населения, предотвращения несчастных случаев с производственным персоналом при выполнении строительного-монтажных и других видов работ.

Студенты гр. 10604212 Ковалев М.С., Ковалева Т.П.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Выбор трассы для прокладки трубопроводов тепловых сетей и способы прокладки на территории населенных пунктов предусматривается в соответствии с требованиями действующих норм.

Прокладка тепловых сетей по территории, не подлежащей застройке вне населенных пунктов, как правило, должна быть надземной на низких опорах.

При подземной прокладке в местах пересечения тепловых сетей с газопроводами, электрическими кабелями и кабелями связи не допускается прохождение газопроводов и кабелей через строительные конструкции камер, каналов и тоннелей.

При бесканальной прокладке тепловых сетей с использованием ПИ-труб под улицами и дорогами применяется одно из следующих технических решений:

- укладка над изолированными трубами разгрузочных железобетонных плит;
- устройство футляров с креплением труб на скользящих опорах;
- устройство футляров с прокладкой ПИ-труб с усилениями полиэтиленовой трубы-оболочки.

При пересечении тепловых сетей надземной прокладки с надземными (воздушными) линиями электропередачи (ЛЭП) предусмотрена защита трубопроводов и строительных конструкций тепловых сетей от короткого замыкания при аварийном обрыве электрических проводов путем прокладки тепловой сети в надземном канале длиной не менее 20 м в обе стороны от пересечения. На трубопроводах тепловых сетей бесканальной прокладки применяется только стальная арматура на сварке. Для тепловых сетей при канальной и надземной прокладке применяется арматура с патрубками под приварку или фланцевая. Запорная арматура с электроприводом при подземной прокладке размещается в камерах с надземными павильонами или в подземных камерах с естественной вентиляцией. При надземной прокладке тепловых сетей на низких опорах, для запорной арматуры с электроприводом и без него предусматриваются металлические кожухи или ограждающие навесы.

Запорная арматура в тепловых сетях предусматривается на:

а) всех трубопроводах выводов тепловых сетей от теплоисточников независимо от рабочего давления, температуры теплоносителя и диаметров трубопроводов и на конденсаторах на вводе;

б) трубопроводах водяных тепловых сетей с условным проходом 100 мм и более на расстоянии ее более 1000 м друг от друга. Для контроля плотности отключения на подающем и обратном трубопроводах устанавливаются манометры до и после секционирующей арматуры;

в) водяных и паровых тепловых сетях в узлах на ответвлениях трубопроводов.

В нижних точках трубопроводов водяных тепловых сетей и конденсаторопроводов, а также секционируемых участков предусматриваются штуцеры с запорной арматурой для спуска воды (дренажные устройства). В высших точках трубопроводов тепловых сетей, в том числе на каждом секционируемом участке, предусматриваются штуцеры с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники). В нижних точках паровых сетей и перед вертикальными подъемами следует предусматривать постоянный дренаж паропроводов. Для пускового дренажа паровых сетей предусматриваются штуцеры с запорной арматурой.

Для компенсации температурных удлинений трубопроводов тепловых сетей применяются следующие способы компенсации и компенсирующие устройства:

1) гибкие компенсаторы (различной формы) из стальных труб и углы поворотов трубопроводов (самокомпенсация).

2) сильфонные и линзовые компенсаторы.

3) при невозможности организации компенсации температурных удлинений указанными способами допускается применение сальниковых компенсаторов при рабочем давлении теплоносителя до 2.5 МПа включительно и температуре до 300 °С. Прокладка тепловых сетей из ГСП- и ГПИ-труб осуществляется без компенсирующих устройств.

Трубопроводы тепловых сетей, арматура, компенсаторы, фланцевые соединения и опоры труб покрыты тепловой изоляцией в соответствии с требованиями действующих норм. Применяются конструкции с негерметичными покрытиями покровный слой тепловой изоляции должен быть водонепроницаемым и не препятствовать высыханию увлажненной тепловой изоляции.

Наружная поверхность трубопроводов и металлических конструкций тепловых сетей (балки, опоры, мачты, эстакады и т.д.) защищена стойкими антикоррозийными покрытиями. Ввод в эксплуатацию тепловых сетей после окончания строительства или капитального ремонта без наружного антикоррозийного покрытия труб и металлических конструкций запрещен.

При подземной прокладке трубопроводы тепловых сетей защищены от наружной коррозии, вызываемой взаимодействием металла трубопроводов с увлажненной изоляцией или высокой коррозионной активностью грунтов, а также блуждающими токами. Защиту необходимо предусматривать в соответствии с действующими нормами.

При прокладке тепловых сетей в каналах ниже максимального уровня стояния грунтовых вод предусматривается попутный дренаж, а для наружных поверхностей строительных конструкций и закладных частей - гидрозащитная изоляция. Уклон трубопроводов попутного дренажа должен приниматься не менее 0,003.

Электроосвещение предусмотрено в насосных, в тепловых пунктах, павильонах, в тоннелях и дюкерах, камерах, оснащенных электрооборудованием, а также на площадках эстакад и отдельно стоящих высоких опор в местах установки арматуры с электроприводом, регуляторов, контрольно-измерительных приборов. Освещенность должна приниматься по действующим нормам. Вентили и задвижки теплопроводов тепловой сети имеют надписи с номерами согласно схемам и указатели направления вращения при их открывании и закрытии. Все трубопроводы тепловых сетей, проложенные в видимых местах, доступных для обслуживания, имеют кольца опознавательной окраски. Расстояние между кольцами на трубопроводах внутри зданий от 1 до 3 м. Для удобства ориентировки кольца обязательно наносятся перед входом и после выхода из стены, а также по обе стороны задвижек и вентиляей. В непроходных каналах при бесканальной прокладке кольца на трубопроводах наносятся в пределах камер, а при надземной прокладке – через каждые 50 м. Ширина кольца должна быть не менее 50 мм. Цвета окраски и надписей на трубопроводах применяются согласно требованиям, установленным органами Государственного надзора.

УДК 628.517

Влияние шума на организм человека. Способы снижения негативного шумового воздействия

Студенты гр. 112011-12 Грабко В.А., Войтеховский А.В.

Научный руководитель – Вершеня Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Если в 60 – 70 годы прошлого столетия шум на улицах не превышал 80 дБ, то в настоящее время он достигает 100 дБа и более. На многих оживленных магистралях даже но-

чью шум не бывает ниже 70 дБа, в то время как по санитарным нормам он должен не превышать 40 дБ ночью и 60 дБа днем.

По данным специалистов, шум в больших городах ежегодно возрастает примерно на 1 дБ. Имея ввиду уже достигнутый уровень, легко себе представить весьма печальные последствия этого шумового «нашествия».

Появляются все новые сверхмощные источники звука, например: шум реактивного самолета, космической ракеты. Очень высок уровень промышленных шумов. На многих производствах он достигает 80 – 100 дБа и более, способствуя увеличению числа ошибок в работе, снижая производительность труда примерно на 10 – 15 % и одновременно значительно ухудшает его качество.

Шум, даже когда он невелик (при уровне 50 – 60 дБА), создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Это особенно часто наблюдается у людей, занятых умственной деятельностью. Слабый шум различно влияет на людей. Причиной этого могут быть: возраст, состояние здоровья, вид труда, физическое и душевное состояние человека в момент действия шума и другие факторы. Степень вредности какого-либо шума зависит также от того, насколько он отличается от привычного шума. Неприятное воздействие шума зависит и от индивидуального отношения к нему. Так, шум, производимый самим человеком, не беспокоит его, в то время как небольшой посторонний шум может вызвать сильный раздражающий эффект.

Известно, что ряд таких серьезных заболеваний, как гипертоническая и язвенная болезни, неврозы, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания, связаны с перенапряжением нервной системы в процессе труда и отдыха. Отсутствие необходимой тишины, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости, а часто и к заболеваниям. В этой связи необходимо отметить, что шум в 30 – 40 дБА в ночное время может явиться серьезным беспокоящим фактором. С увеличением уровня до 70 дБА и выше шум может оказывать определенное физиологическое воздействие на человека, приводя к видимым изменениям в его организме.

Под воздействием шума, превышающего 85 – 90 дБА, в первую очередь снижается слуховая чувствительность на высоких частотах.

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов.

Воздействуя на кору головного мозга, шум оказывает раздражающее действие, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание и замедляет психические реакции. По этим причинам сильный шум в условиях производства может способствовать возникновению травматизма, так как на фоне этого шума не слышно сигналов – транспорта, автопогрузчиков и других машин.

Эти вредные последствия шума выражены тем больше, чем сильнее шум и чем продолжительнее его действие. Таким образом, шум вызывает нежелательную реакцию всего организма человека. Патологические изменения, возникшие под влиянием шума, рассматривают как шумовую болезнь. В большинстве случаев защитить человека от шума на производстве возможно только с помощью специальных средств защиты: наушников или противошумных вкладышей. Также эффективным методом является снижение или устранение шума в источнике в процессе проектирования. Для уменьшения влияния транспортного шума крупные автомагистрали следует строить на расстоянии от жилых застроек. Уменьшение уровней шумов, проникающих в помещения от внутренних источников, должно обеспечиваться рациональной планировкой помещения, соблюдением мероприятий по звукоизоляции ограждающих конструкций (стен, потолка и пола), санитарно-технического и инженерного оборудования зданий.

Организационные меры направлены на предотвращение или регулирование во времени эксплуатации тех или иных источников шума. Работы по уборке улиц, дворов, тротуаров от мусора и снега должны начинаться не ранее 7 часов утра и заканчиваться не позднее 23 часов.

Большое значение имеют административные меры. К ним относятся ограничение звуковых сигналов уличного транспорта, упорядочение движения грузовых и легковых машин на определенных улицах, ограничение шума громкоговорителей, расположенных на улицах и площадях и т.д.

С точки зрения экологов один из оптимальных способов шумоизоляции – высадка деревьев и кустарников вдоль дорог. Доказано, что грамотно составленный план и высадка зеленых насаждений (то есть, с соблюдением всех ярусов посадки: 1-й ярус – древесно-кустарниковая растительность не выше 1,5 метра, 2-й – растительность высотой до 3 метров и 3-й – насаждения высотой более 3 метров) как нельзя лучше способствуют снижению уровня шума.

УДК 614.84.084(476)

Особенности применения автоматических систем пожаротушения

Студент гр. 111130 Антипенко М.Ю.
Научный руководитель – Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Автоматическая система пожаротушения рассчитана на максимально быструю реакцию на возгорание и более полное исключение факторов, благодаря которым происходит процесс горения (наличие горючих веществ, присутствие кислорода, приток свежего воздуха, наличие высокой температуры).

По типу огнегасящего вещества автоматические системы пожаротушения классифицируются на:

- газовое пожаротушение (в системах применяют аргон, хладон, азот, шестифосфорная сера, двуокись углерода, аргон, инерген и т.д.);
- водяную систему пожаротушения (вода, водяной пар), пенное и водно-пенное автоматическое пожаротушение, системы тонкодисперсного распыления воды;
- системы порошкового пожаротушения;
- аэрозольные автоматические системы пожаротушения;
- комбинированные автоматические системы пожаротушения.

Автоматические системы газового пожаротушения являются наиболее дорогими, но и одними из самых перспективных систем пожаротушения. Применение специальных газов наносит минимальный вред имуществу, которое находится в зоне возгорания. Кроме того, применение газов полностью исключает возникновение короткого замыкания в системе электропроводки, что также важно в современных зданиях и сооружениях.

Автоматические системы газового пожаротушения бывают центрального и модульного типа. Состоят такие системы из подающего газопровода со специальными насадками, системы обнаружения очага возгорания, ресиверов для хранения газа, заправочной станции, блоков управления системой (датчики, система бесперебойного электроснабжения, система связи и т.д.). Кроме того, что газ вытесняет кислород из зоны возгорания, он при выходе из газовой магистрали имеет свойство понижать температуру окружающей среды, что позволяет более эффективно бороться с огнем. К недостаткам подобных систем пожаротушения можно отнести жесткие требования к герметичности системы пожаротушения и требования к максимальной герметичности помещений, где смонтированы подобные установки.

Водные системы автоматического пожаротушения являются наиболее распространенными в силу их достаточно низкой стоимости и высокой эффективности. Водные системы делятся в свою очередь на:

- установки для тушения локальных участков возгорания (спринклерные установки пожаротушения);
- установки для тушения пожара по всей территории объекта (дренчерные системы тушения пожара).

За последние годы спринклерные бытовые системы пережили множество усовершенствований. Сегодня схемы спринклерных систем пожаротушения разрабатываются таким образом, чтобы они могли максимально эффективно сработать в случае необходимости. В современной системе используется пластиковая труба, которая без потери качества и эффективности способствует снижению затрат на монтаж, а также существенно упрощает этот процесс. Сейчас на рынке предоставлен большой ассортимент различных распылителей, из которых можно выбрать элемент, не вредящий интерьеру.

Современная спринклерная система предполагает срабатывание только тех распылителей, которые расположены очень близко к очагу возгорания.

Водовоздушные системы подобного рода предназначаются для тушения пожаров в помещениях, не имеющих отопления. Все трубопроводы системы, расположенные выше запорно-пускового узла, в холодное время года наполнены воздухом, а в теплое – водой. Такие спринклерные системы разделяют на самостоятельные секции, включающие до 800 отдельных распылителей. При использовании специальных ускорителей, которые стравливают воздух из системы, это позволяет прокачивать до 3000 литров воды.

Дренчерные системы пожаротушения применяются для тушения очагов возгорания, а также для того, чтобы распространение пожара не произошло в другие помещения различного предназначения. Оросительные элементы в таком случае – дренчеры, представляющие собой оросительные головки открытого типа. Дренчерная система не располагает насадками со специальными тепловыми замками, плавящимися от наличия высокой температуры. Здесь подача смеси для тушения пожара производится по сигналу системы или ручному сигналу человека. Дренчерная система пожаротушения может использоваться как с водой, так и пеной. Все зависит от типа помещения и вероятных источников возгорания. Такая система используется для создания завесы посредством огнетушащего вещества, которая препятствовала бы распространению пожара. Кроме этого, она принимает непосредственное участие в тушении.

Оптимальным местом, где может быть установлена дренчерная система пожаротушения, являются коридоры коммерческих, производственных и жилых помещений, а также деревянные проемы в них.

Порошковое пожаротушение – способ тушения пожара с помощью огнетушащего вещества в виде мелкозернистой порошковой смеси. Химически огнетушащие порошки представляют собой соли металлов с различными специальными добавками. Порошковое пожаротушение применяется для тушения пожаров класса А, В, С, D и E (соответственно пожары с возгоранием твердых веществ, жидких веществ, газообразных веществ, электроустановок и электрооборудования) и обладает целым рядом преимуществ. А именно: низкая стоимость, стационарные и мобильные установки пожаротушения, оснащенные порошковым огнетушащим веществом, являются, как правило, самыми недорогими в своем классе. Порошковые огнетушащие смеси вредны для здоровья человека, применение порошка для тушения пожара допускается для помещений только после эвакуации персонала. Автоматические установки пожаротушения с порошковым наполнителем могут представлять реальную угрозу жизни и здоровью людей.

Комбинированные и роботизированные системы пожаротушения наиболее эффективны в борьбе с огнем. Данная система позволяет максимально полно использовать все положительные свойства того или иного способа гашения огня и в то же время позволяет значитель-

но экономить деньги. Роботизированные системы пожаротушения могут стать основной формой противопожарной защиты для таких объектов как ледовые дворцы и культурно-спортивные комплексы. Это видно на примере Ледового Дворца в Минске. В режиме автоматической расстановки на ледовой арене (по ее периметру) установлено 8 пожарных роботов. К отрицательным можно отнести разве что сложность данной системы.

УДК 693.6

Требования безопасности при выполнении малярных работ

Студенты гр. 112012-12 Бурак А.Г., Опришко А.С.
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Маляр работает в организациях всех отраслей экономики.

Профессия маляра по условиям труда распространяется на лиц мужского и женского пола не моложе 18 лет.

Маляр выполняет следующие виды работ: окрашивание поверхностей, деталей, изделий – кистью, валиками или пульверизатором; шлифование, лакирование, полирование, сушка окрашиваемых поверхностей и изделий и т.д.

Работа маляра характерна физическими нагрузками, наличие вредных веществ в воздухе рабочей зоны, неудобные рабочие позы, контакт с красителями и т.д.

При выполнении работ маляры могут подвергаться воздействию паров органических растворителей, красочного аэрозоля, пыли полимеров, продуктов их термоокислительной деструкции, свинцовых соединений, шума, вибрации, ионизации. Поэтому каждый рабочий должен хорошо знать и неуклонно соблюдать правила безопасного производства работ. Основные правила безопасного производства малярных работ сводятся к следующему:

- Краски, имеющие вредные для здоровья примеси, должны храниться в особых помещениях, где обеспечено хорошее проветривание.

- Легковоспламеняющиеся материалы: олифа, бензин, керосин, скипидар и т.д., – хранят в специальных огнестойких помещениях или в подвалах в соответствии с правилами пожарной безопасности.

- Ручные инструменты должны быть в полной исправности, применение неисправных инструментов не допускается. Во избежание падения в нижележащие этажи и ранения людей инструменты хранятся в индивидуальных инструментальных ящиках.

- Не допускается прикрепление лесов, люлек или подмостей к недостаточно прочным и мало устойчивым частям зданий (перилам, дымовым трубам и т.д.). Ширина настила лесов для малярных работ должна быть не менее 1,0 м. Во время нахождения в люльке рабочие должны быть снабжены поясом и привязаны предохранительным тросом к надежной части здания.

- При применении приставных лестниц должно быть обращено внимание на укрепление нижнего конца лестницы во избежание ее сдвига. Раздвижные лестницы-стремянки должны иметь прочное приспособление, препятствующее им самостоятельно раздвигаться во время работы.

- Не допускается применение свинцовых белил, а также бензола в качестве растворителя красок. Добавлять различные летучие растворители к расплавленному составу можно только после снятия котла с огня.

- Следует строго соблюдать необходимые меры предосторожности при работе с огнеопасными материалами (керосин, бензин, скипидар, нитролаки и т.д.).

• При малярных работах внутри помещений должна быть обеспечена естественная или искусственная вентиляция. Если при пневматической окраске применяются материалы, образующие опасные летучие пары, то должны быть приняты особые меры предосторожности против самовозгорания или взрыва этих паров. При пневматической окраске клеевыми и масляными составами с применением вредных пигментов рабочие снабжаются предохранительными очками с чешуйчатой оправой. Применение респираторов обязательно в случаях пневматической окраски без вентиляции, при работе с особо вредными и ядовитыми красками и другими материалами.

• При выжигании старой масляной краски при помощи паяльной лампы в закрытом помещении должна быть обеспечена достаточная вентиляция.

• В колерной мастерской должна находиться аптечка с перевязочными средствами и медикаментами для оказания неотложной помощи. На видном месте должны быть вывешены правила оказания первой помощи при несчастных случаях с указанием, как вызвать скорую помощь.

УДК 331.45

Влияние света и цвета на организм человека

Студенты гр.1305312 Бояровская К.С., Дремач Г.И.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время предприятия уделяют особое внимание работникам своего подразделения, так как важным показателем является увеличение производства качественной продукции, которое взаимосвязано непосредственно со здоровьем рабочего.

Одним из важных показателей влияющим на организм человека является освещенность рабочего места. Для создания безопасных условий труда требуется не только достаточная освещенность рабочих поверхностей, но и рациональное направление света, отсутствие резких теней и бликов, вызывающих слепящее действие.

Недостаточная освещенность и неправильная окраска оборудования влекут за собой большой травматизм на рабочем месте. Однако подобрав правильные сочетания цветов, их интенсивность, а также окраска опасных мест сведет до минимума время адаптации глаз при переводе взгляда с детали на рабочую поверхность и тем самым уменьшить травматизм. Правильно подобранная окраска может повлиять на настроение рабочих и тем самым увеличить производительность труда.

Таким образом, недооценка влияния освещения, выбора цвета и света приводят к преждевременному утомлению организма, накоплению ошибок, снижению производительности труда, увеличению брака и, как следствие, к травматизму. Некоторое пренебрежение к вопросам освещенности вызвано тем, что глаз человека имеет очень широкий диапазон приспособления: от 20 лк (в полнолуние) до 100000 лк.

Цвет и свет взаимосвязаны между собой. Цвета, наблюдаемые человеком, делятся на хроматические и ахроматические. Ахроматические цвета (белый, серый, черный) имеют разные коэффициенты отражения и, поэтому, основной их характеристикой является яркость. Хроматические цвета (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый) характеризуются, в основном, тоном, который определяется длиной волны и насыщенностью (степень "разбавленности" основного цвета белым).

Благодаря различным исследованиям стало известно, что при теплом цветовом окружении увеличивается работоспособность, но снижается слуховая чувствительность и затрудняется перенесение высоких температур. Относительно физиологически нейтральными являются цвета середины спектра (зеленые, желто-зеленые) и светлые ахроматические (серые),

занимающие промежуточное положение между группами холодных и теплых цветов. Эти цвета получили наименование физиологически оптимальных цветов.

При оформлении рабочих помещений, можно использовать тот факт, что в заводском цеху, офисе можно создать впечатление простора, применив светлые холодные тона. Теплыми – красными, коричневыми тонами – можно, наоборот, создать впечатление суженности пространства. Один и тот же предмет, окрашенный в светлый или просто белый цвет, всегда выглядит более легким, а в темный или черный – кажется тяжелее.

Функция, форма и цвет любого промышленного изделия должны быть органически увязаны между собой. Цвет нельзя рассматривать вне условий эксплуатации и конкретной формы. Поэтому окраска должна проводиться с учетом конкретной формы промышленного изделия и специфики работы, общения человека с данным изделием. Окраска оборудования, материалов и др. в чёрный цвет угнетает человека.

Важную роль в производственных помещениях играет правильное сочетание цветов окраски помещений и оборудования. Например, полировальные станки, приспособления окрашивают в светло-зеленый цвет, который снижает утомляемость глаз. В красный цвет окрашивают ограждающие устройства, кнопки “стоп” и рукоятки выключения.

В восприятии цветов человеком играет важную роль в цветовом контрасте, т.е. преувеличение действительной разницы между одновременными восприятиями.

В настоящее время установлено, что красный цвет возбуждает, но и быстро утомляет человека; зеленый полезен для человека; желтый вызывает тошноту и головокружение.

С увеличением яркости и освещения до известных пределов усиливается острота зрения и яркость, с которой глаз различает отдельные предметы, однако слишком высокая яркость света отрицательно влияет на органы зрения, вызывая ослепление и резь в глазах.

Приспособление глаз к изменению яркости называется тёмной и светлой адаптацией. При работе на станке тёмно-серого цвета (отражающего 5% света) и с блестящей деталью (отражающей 95% цвета) рабочий переводит взгляд со станка на деталь 1 раз в минуту, при этом на адаптацию глаза затрачивается примерно 5 секунд. За семичасовой рабочий день будет потеряно 35 минут. Если при тех же условиях работы изменить время адаптации до 1 секунды за счет правильного подбора контраста, потеря рабочего времени будет равна 7 минутам.

Неправильный подбор освещения влияет не только на потерю рабочего времени, как это было показано на примере, но и увеличивает травматизм в период адаптации, в период когда рабочий изготавливает деталь. Поэтому отношение яркостей (сущность контраста) не должно быть большим.

Естественное освещение считается самым лучшим для здоровья человека. Солнечный свет оказывает биологическое действие на организм, поэтому естественное освещение является гигиеничным.

Замена естественного освещения искусственным допускается только тогда, когда по каким-либо причинам нельзя использовать (или невозможно использовать) естественное освещение рабочих мест. Поэтому нормирование освещения производственных помещений и рабочих мест осуществляется на научной основе с учетом следующих основных требований:

1. Достаточная и равномерная освещенность рабочих мест и обрабатываемых деталей;
2. Отсутствие яркости, блеклости и слепящего действия в поле зрения рабочих;
3. Отсутствие резких теней и контрастов;
4. Оптимальная экономичность и безопасность осветительных систем.

Следовательно, для правильного светового режима необходимо учитывать весь комплекс гигиенических условий, т.е. количественную и качественную стороны освещения (важно, чтобы используемое искусственное освещение было абсолютно безопасным для здоровья человека и окружающей среды).

Для измерения освещенных рабочих мест и общей освещенности помещений используют люксметр типа Ю-116, Ю-117, универсальный люксметр – яркометр ТЭС 0693, фото-

метр типа 1105 фирмы "Брюль и Кьер". Принцип работы приборов основан на использовании фотоэлектрического эффекта – эмиссии электронов под действием света.

При выполнении различных видов работ применяют естественное, искусственное и смешанное освещение, параметры которых регламентируются ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное, искусственное освещение». Все помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

УДК 331.41/43

Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на организм человека

Студент гр. 107011-12 Волков Д.А.

Научный руководитель – Журавков Н.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электромагнитное поле – особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами. При ускоренном их движении, ЭМП «отрывается» от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника (например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне).

Электрические и магнитные поля являются очень сильными факторами влияния на состояние всех биологических объектов (человека, животных, растений), попадающих в зону их воздействия.

Здоровый человек страдает от относительно длительного пребывания в поле ЛЭП. Кратковременное облучение (минуты) способно привести к негативной реакции у гиперчувствительных людей или у больных аллергией (развиваются реакции по типу эпилептической). При продолжительном пребывании (месяцы – годы) людей в электромагнитном поле ЛЭП могут развиваться заболевания преимущественно сердечно-сосудистой и нервной систем организма человека. В последние годы в числе отдаленных последствий часто называются онкологические заболевания.

Анализ результатов измерений напряженности электрического поля промышленной частоты на рабочих местах электромонтеров (ВЛ 110 – 330 кВ, ПС-110 – 330 кВ) Минских и Борисовских электрических систем (ПС «Колядичи», «Восточная», «Северная» показал, что из более 100 обследованных зон в 96 зонах величина напряженности превышает 8 кВ/м.

В соответствии с нормативными документами допустимые уровни напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в опасной зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов допускается при напряженности электрического поля (E), не превышающей 5 кВ/м.

При значении напряженности электрического поля 5 – 20 кВ/м время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T = 50/E-2$.

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20 – 25 кВ/м должна продолжаться не более 10 минут. Превышение указанного времени может сопровождаться тяжелыми последствиями для электротехнического персонала.

Правила безопасности устанавливают, что работы в зонах с напряженностью 7 кВ/м и выше проводят только со средствами индивидуальной защиты в течение 1 дня.

В электроустановках напряжением 330 – 750 кВ применяют экранирующие костюмы, сетчатые экраны, навесные экранирующие козырьки и тросы, которые надежно заземляют.

Стационарные козырьки, навесы и перегородки выполняются из металлической сетки с ячейками не менее 50 x 50 мм и соединяются с заземляющим устройством. Козырьки устанавливают над шкафами аппаратуры управления, щитками и сборками с шириной 1 м. Навесы размещают над проходами и участками ОРУ, с которых осматривается оборудование.

Высота навесов 2 – 2,5 м, ширина 1,5 м. Перегородки устанавливают между воздушными выключателями на высоте 2-3 м от земли. Для защиты проходов и дорожек рекомендуется прутковая сталь, тросы диаметром 5-6 мм. Прутки (тросы) натягивают параллельно на расстоянии 15 – 20 см.

В тех случаях, когда работу в зоне влияния нельзя проводить в экранирующем костюме или отсутствуют стационарные экраны, используют временные передвижные экраны. Передвижные экраны могут быть также в виде козырьков, навесов из сетки или в виде палаток, навесов из специальной металлизированной ткани или ткани, покрытой алюминиевой краской.

Для выполнения работ не связанных с производством и транспортировкой электроэнергии, например, при ведении полевых, топографо-геодезических, других работ, в целях уменьшения негативного воздействия на здоровье под линиями электропередачи напряжением 330 кВ и выше, необходимо либо ограничивать время пребывания в опасной зоне, либо применять индивидуальные средства защиты.

УДК 331.45

Гигиена труда при работе с компьютером

Студент гр. 11202113 Таран А.А.
Научный руководитель – Батыновская И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При работе с ПК на работников могут оказывать неблагоприятное воздействие следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенный уровень ионизирующих излучений;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенная напряженность электростатического поля;
- повышенная или пониженная ионизация воздуха;
- повышенная яркость света;
- прямая и отраженная блесккость;
- статические перегрузки костно-мышечного аппарата и динамические локальные перегрузки мышц кистей рук;
- перенапряжение зрительного анализатора;
- умственное перенапряжение;
- эмоциональные перегрузки;
- монотонность труда.

В зависимости от условий труда, в которых применяются ПК, и характера работы на работников могут воздействовать также другие опасные и вредные производственные факторы.

Организация рабочего места с ПК должна учитывать требования безопасности, удобства положения, движений и действий работника. Рабочий стол с учетом характера выполняемой работы должен иметь достаточный размер для рационального размещения монитора (дисплея), клавиатуры, другого используемого оборудования и документов, поверхность, обладающую низкой отражающей способностью. Клавиатура располагается на поверхности стола таким образом, чтобы пространство перед клавиатурой было достаточным для опоры рук работника (на расстоянии не менее чем 300 мм от края, обращенного к работнику). Чтобы обеспечивалось удобство зрительного наблюдения, быстрое и точное считывание информации, плоскость экрана монитора располагается ниже уровня глаз работника.

Для исключения воздействия повышенных уровней электромагнитных излучений расстояние между экраном монитора и работником должно составлять не менее 500 мм (оптимальное 600-700 мм). Рабочий стул (кресло) должен быть устойчивым, место сидения должно регулироваться по высоте, а спинка сиденья - по высоте, углам наклона, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. Регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Рабочее место размещается таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (желательно слева). Для снижения яркости в поле зрения при естественном освещении применяются регулируемые жалюзи, плотные шторы. Светильники общего и местного освещения должны создавать нормальные условия освещенности и соответствующий контраст между экраном и окружающей обстановкой с учетом вида работы и требований видимости со стороны работника. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна составлять 300-500 люкс. Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата проводятся регулярное в течение дня проветривание и ежедневная влажная уборка помещений, используются увлажнители воздуха. Режимы труда и отдыха при работе ПК должны определяться видом и категорией трудовой деятельности.

Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы:

- группа А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом;
- группа Б – работа по вводу информации;
- группа В – творческая работа в режиме диалога.

При выполнении в течение рабочего дня (смены) работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ПК следует принимать такую, которая занимает не менее 50 % времени в течение рабочей смены или рабочего дня (смены).

Также виды трудовой деятельности разделяются на 3 категории по тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются:

- для группы А – по суммарному числу считываемых знаков за рабочий день (смену), но не более 60 000 знаков за смену;
- для группы Б – по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочий день (смену), но не более 40 000 знаков за смену;
- для группы В – по суммарному времени непосредственной работы с ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ за рабочий день (смену), но не более 6 часов за рабочий день (смену).

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей, на протяжении рабочего дня (смены) должны устанавливаться регламентированные перерывы. Продолжительность непрерывной работы без регламентированного перерыва не должна превышать двух часов. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития статического утомления необходимо выполнять физкультурные минутки. С целью уменьшения отрицательного влияния монотонности целесообразно применять чередование операций.

В случаях возникновения у пользователей ПК зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение Гигиенического норматива, эргономических требований, режимов труда и отдыха, следует применять индивидуальный подход в ограничении времени работ с ПК, коррекцию длительности перерывов для отдыха или проводить смену деятельности на другую, не связанную с использованием ПК.

Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности рабочего дня (смены), вида и категории трудовой деятельности с видеодисплейными терминалами, электронно-вычислительными машинами и персональными электронно-вычислительными машинами.

Категория работы с видеодисплейными терминалами, электронно-вычислительными машинами и персональными электронно-вычислительными машинами	Уровень нагрузки за рабочий день (смену) при видах работ с видеодисплейными терминалами, электронно-вычислительными машинами и персональными электронно-вычислительными машинами			Суммарное время регламентированных перерывов, минут	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, час	при 8- часовом рабочем дне (смене)	при 12- часовом рабочем дне (смене)
I	до 20000	до 15000	до 2,0	30	70
II	до 40000	до 30000	до 4,0	50	90
III	до 60000	до 40000	до 6,0	70	120

УДК 13.280

Исследование влияния электромагнитных полей модема на организм человека

Студентка гр. 11305312 Костусева В. В.
 Научный руководитель – Науменко А. М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Компьютеры, ноутбуки, микроволновые печи, беспроводные телефоны, сотовые телефоны и беспроводной интернет являются неотъемлемым атрибутом нашей жизни. Но если о вреде излучения сотовых телефонов и микроволновых печей известно, то излучение маршрутизаторов (роутеров) с беспроводным интернетом до недавнего времени считалось абсолютно безвредным. Дискуссия о вреде излучения от беспроводного интернета началась с появлением самой технологии Wi-Fi в 1991 году. Основным преимуществом Wi-Fi перед другими технологиями является высокая скорость передачи данных, поэтому эта технология столь бурно развивается в таких областях бытовой электроники, как беспроводной доступ в интернет, беспроводное телевидение, беспроводные DVD-проигрыватели, промышленная телеметрия, транспортные локальные беспроводные сети.

Wi-Fi – это сложноорганизованный электромагнитный сигнал частотой в диапазоне 2,4 ГГц, который создается передатчиком, расположенным в ноутбуке или другими устройстве. Передатчик осуществляет двустороннюю связь и работает на одной частоте с базовой станцией. Ученые давно подозревали, что высокочастотные электромагнитные поля, подобные тому, что создает передатчик Wi-Fi, могут являться причиной биохимических и физиологических отклонений в организме. По одной из теорий, под воздействием высокочастотных полей возникают свободные радикалы, способные вызывать окислительное разрушение клеточных структур – как на уровне клеточной мембраны, так и на уровне цепочки ДНК.

Исследованием вопроса о вреде беспроводных технологий занимались многие научные организации во всем мире. В последнее время появляется все больше доказательств, что нахождение в квартире, помещении роутера Wi-Fi оказывает влияние на живые организмы и состояние здоровья человека, что существует взаимосвязь между использованием гаджетов и развитием нейродегенеративных заболеваний, а также образованием раковых клеток, ухудшением памяти и головными болями.

Нидерландские ученые пришли к выводу о негативном воздействии Wi-Fi-сигналов на человеческий мозг, наблюдая за деревьями, находящимися в зоне беспроводного интернета.

Wi-Fi – сигналы могут быть связаны с ранним опаданием листвы с растений и с аномальным отмиранием коры на деревьях.

Технология WiFi – беспроводной способ связи, основанный на электромагнитном излучении. Изменения в организме может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия воздействия не оказывает. Степень и характер воздействия электромагнитных полей на организм человека определяется: длиной волны, интенсивностью излучения, режимом облучения (непрерывный или прерывистый), продолжительностью воздействия, размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями человека.

Электромагнитные поля оказывают термическое, морфологическое действия и приводят к функциональным изменениям в организме. Первичным проявлением действия электромагнитной энергии является нагрев (термическое действие), который может привести к изменениям и даже к повреждениям тканей и органов. Наиболее чувствительными к действию электромагнитных полей являются органы с плохой терморегуляцией. Морфологическое воздействие проявляется изменением строения внешнего вида тканей и органов тела человека (изменение ориентации клеток, омертвление тканей, изменение структуры клеток, сосудистые изменения). Функциональные изменения проявляются в преждевременной утомляемости, сонливости, нарушения сна, головные боли. Наступает расстройство центральной нервной системы, изменение кровяного давления, замедление пульса, наблюдаются трофические изменения (выпадение волос, ломкость ногтей).

Постановление Минздрава РБ №23 от 5 марта 2015г Санитарные нормы и правила «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» устанавливают требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на человека электромагнитного излучения радиочастотного диапазона 30 кГц-300 ГГц.

В диапазоне частот 30 кГц-300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оцениваться значениями напряженности электрического поля (Е) (далее – ЭП) в В/м и напряженности магнитного поля (Н) (далее – МП) в А/м.

В диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оцениваться значениями плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м², дробная величина – мкВт/см²) и энергетической экспозицией плотности потока энергии (ЭЭ_{ППЭ}, мкВт/см² · Вт/м²)

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, \text{ мкВт/см}^2 \cdot \text{Вт/м}^2$$

где ЭЭ_{ППЭ} – ЭЭ плотности потока энергии ЭМИ РЧ;

ППЭ – плотность потока энергии ЭМИ РЧ;

T – время воздействия на человека.

Предельно допустимые значения плотности потока энергии в зависимости от времени воздействия определяют по формуле:

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пд}} / T$$

Нами были проведены замеры электромагнитных полей, создаваемые модемом MT-PON-AT-4. Замеры производились измерителем уровней электромагнитных излучений ПЗ-41с использованием антенны-преобразователя АП-1 (рабочий диапазон частоты для данной антенны 300 – 40000 МГц, плотность потока энергии 0,26 – 100000 мкВт/см²). Данные получены на разном расстоянии от источника излучения электромагнитных полей и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования

Расстояние от модема	Плотность потока энергии, мкВт/см ²
Вблизи модема	7
20 см от модема	1,5
50 см от модема	0,9
1 м от модема	0,2

В соответствии с постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 05.03.2015 № 23 Санитарные нормы и правила «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» предельно допустимая плотность потока энергии диапазона частот 300 МГц-300 ГГц составляет 10 мкВт/см².

Для наглядности построим график 1, где представлена зависимость плотности потока энергии от расстояния до модема.

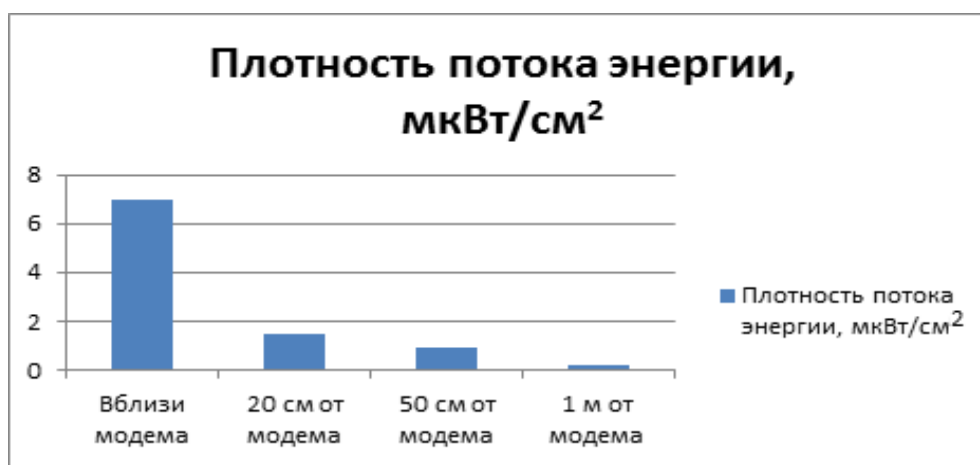


График 1 – Зависимость плотности потока энергии от расстояния до модема

На основании данных результатов, можно сделать следующие выводы, что фактическое значение плотности потока энергии не превышает предельно допустимый уровень плотности потока энергии, но излучение присутствует. Последние исследования американских ученых показали, что даже низкое высокочастотное излучение отрицательно воздействует на организм человека.

УДК 331.45

Охрана труда при дорожном строительстве

Студентка гр. 114342 Калиберова А.С.
 Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Основные мероприятия по охране труда при дорожном строительстве предусматривают с целью обеспечения безопасных условий труда, учитывая опасности выполнения технологических процессов. При этом необходимо обязательно соблюдать требования промышленной санитарии, охраны труда и противопожарной техники, предусмотренных действующими законоположениями, нормами и правилами.

Воздействие неблагоприятных атмосферных условий, влияние токсических свойств используемых материалов, вибрация, пыль, шум, недостаточное освещение и другие факторы

могут привести к заболеваниям и потере трудоспособности рабочих. Нарушение правил техники безопасности может привести к травматизму.

Необходимо учитывать противопожарные требования, в первую очередь на пожароопасных объектах. Все самоходные машины и транспортные средства должны быть оборудованы средствами тушения пожаров в связи с возможностью возгорания горючесмазочных материалов. Все мероприятия по охране труда следует проводить планомерно, в течение всего периода производства работ.

Причины возможного возникновения несчастных случаев при дорожном строительстве разделяются на организационные и технические. К организационным причинам относятся:

- неподготовленность строительства;
- допуск к проведению операций людей, не прошедших предварительный инструктаж по безопасным приемам работы;
- использование рабочих не по специальности;
- отсутствие на строительных площадках необходимых санитарно-гигиенических устройств;

Технические причины – это:

- неправильная организация технологических процессов;
- неисправность применяемых машин и механизмов и неправильные способы их эксплуатации;
- неисправность или отсутствие защитных ограждений.

Общие требования безопасности для работы на производственных предприятиях дорожного строительства заключаются в:

- надлежащей планировке территории и ее благоустройстве;
- правильной организации технологического процесса предприятия в целом и отдельных его цехов;
- надежном размещении и закреплении машин;
- применении прочных строительных конструкций и ограждений.

К работе допускаются лица, прошедшие предварительный инструктаж по технике безопасности.

При работе с горячими битумами и дегтями во избежание попадания их на руки и лицо необходимо надевать рукавицы, защитные очки, шлемы и комбинезоны. Нагревать вяжущие материалы и работать с ними разрешается только с подветренной стороны от места выделения вредных паров.

На заводах по производству цемента, бетона, где в воздухе выделяется пыль, надо систематически исследовать воздушную среду. Это делают в сроки, согласованные с санитарно-эпидемиологической службой, но не реже одного раза в месяц. До начала строительства дороги участок ограждают переносными щитами, устраивают объезды и пути подвоза дорожно-строительных материалов.

Весь обслуживающий персонал должен быть ознакомлен со свойствами используемых материалов и безопасными приемами труда. Швы в затвердевшем бетоне нарезают только в защитных очках; с пленкообразующими материалами работают только в комбинезонах, защитных очках и рукавицах.

Широкое применение разнообразных машин в дорожном строительстве влечет за собой необходимость строгого соблюдения правил техники безопасности при их эксплуатации.

До начала работы оператор (водитель) проверяет состояние машины и устраняет замеченные неисправности, перед каждым ее пуском, а так же при изменении направления движения подает предварительный звуковой сигнал.

До начала работы землеройных машин обрабатываемый участок очищают от посторонних предметов, которые могут препятствовать движению машин, привести к их поломке или к опрокидыванию. На свежесыпных насыпях расстояние от края гусеницы или колеса до края насыпи должно быть не менее 1 м. При работе машин с ходовой частью в виде сдво-

енных пневматических колес запрещается находиться сзади ведущих колес, так как при их вращении возможно выбрасывание камней и комьев грунта. На каждом строящемся участке дороги намечаются безопасные места для рабочих. Для работы в ночное время машины оборудуются лобовым и общим освещением, обеспечивающим достаточную видимость пути перемещения, фронта работ и прилегающих к нему участков. Сам участок в это время также должен быть хорошо освещен.

Бригада рабочих, занятых на строительстве, должна быть обеспечена передвижным вагончиком, где хранят аптечку, инструмент, бак с питьевой водой и где в случае необходимости можно укрыться от непогоды.

Инструктаж по технике безопасности и контрольную проверку проводят один раз в 6 месяцев и отражают это в специальном журнале.

УДК 625.7/.8:658.345

Охрана труда при строительстве автомобильных дорог

Студент гр. 11403612 Лапша В.А.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Строительная отрасль является одной из самых травмоопасных. При выполнении строительных и строительно-монтажных работ предъявляются требования охраны труда.

При организации рабочих мест, участков работ и производственных территорий необходимо помнить, что проезды, проходы на производственных территориях, а также проходы к рабочим местам и на рабочих местах должны содержаться в чистоте и порядке, очищаться от мусора и снега, не загромождаться складываемыми конструкциями и материалами согласно с ТКП 45-1.03-44-2006 (02250) «Безопасность труда в строительстве. Строительное производство»).

Должны быть предусмотрены навесы для укрытия от атмосферных осадков для работающих на открытом воздухе. Так же должны быть оборудованы специальные комнаты для обогрева в холодное время года (например, санитарно-бытовое помещение, которое должно быть обустроено до начала основных работ). Обязательным требованием для места проведения работ является аптечка для оказания первой помощи, огнетушитель, чистая вода и биотуалет.

К работе не допускают лица младше 18 лет, а так же инвалидов или лиц, не имеющих опыта в данной работе или медицинской справки (в соответствии с ГОСТ 12.1.046).

Должны быть разработаны и заверены ГАИ и техническим надзором схема движения и стоянок строительного транспорта, а так же их заправки и помывки, схема расположения знаков движения, освещение в темное время суток, схема движения городского транспорта в период строительных работ. Ношение спецодежды и светоотражающего жилета обязательно.

До начала работ рабочий обязывается прослушать место и назначение его работы, а так же пройти технику безопасности для данного вида работ, закрепленную подписью рабочего в журнале.

По окончании рабочий обязывается привести в надлежащий порядок свое рабочее место, очистить инструмент или технику с последующим складированием в специально отведенные места, очистить и отнести на хранение спецодежду в установленное место, умыться или принять душ с моющим средством.

Запрещается ремонтировать строительные машины при включенном двигателе, приходить в нетрезвом виде, а так же распивать спиртные напитки во время работы, перевозить и хранить горюче-смазочные материалы в кабине машины.

При возникновении аварийной ситуации рабочий обязан действовать по указаниям должностного лица, при получении травмы работник обязан сообщить руководителю работ для оказания медицинской помощи. В случае пожара необходимо вызвать пожарную команду, до их прибытия следует принять меры по тушению, соблюдая меры предосторожности в соответствии с ППБ 2.09.

Должны быть организованы охрана и уход за зелеными насаждениями, бережный расход воды, а так же ограничение на использование питьевой воды на строительные нужды.

Руководители строительных предприятий и работники предприятия должны проходить лекционный курс по охране труда с последующим экзаменом для закрепления знаний.

УДК 331.45

Факторы, определяющие действия человека на безопасность и сохранения здоровья

Студент гр.11403212 Тычина Т.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, смертность от несчастных случаев в наше время занимает третье место после сердечнососудистых и онкологических заболеваний. Так, статистика показывает, что у мужчин в возрасте от 15 до 36 лет наиболее распространенной причиной смерти является несчастный случай. По крайней мере, в двух из трех несчастных случаев главным виновником является ни техника, ни технологический процесс, а сам работающий человек, который. По тем или иным причинам, не соблюдал правила безопасности, нарушал нормальное течение трудового процесса, не использовал предусмотренные средства защиты и т.п.

Возникает принципиально важный вопрос: почему люди, которым от рождения присущ инстинкт самосохранения, столь часто становятся виновниками своих травм? Существует много разнообразных чисто индивидуальных факторов, главным образом психологического порядка, способствующих преднамеренным нарушениям правил безопасности труда и росту числа несчастных случаев: показная смелость, недисциплинированность, склонность к риску и многое другое. Люди, однажды безнаказанно нарушив правила и получив за счет этого какую-то мелкую выгоду, повторяют подобные нарушения; постепенно вырабатывается привычка к нарушениям правил и происходит адаптация к опасности: городские жители сейчас больше боятся мирно пасущейся лошади, чем несущегося навстречу на большой скорости автомобиля.

Причины неправильных, ошибочных осознанных или неосознанных действий человека многообразны. Это могут быть чисто субъективные факторы: отсутствие у человека необходимых для данной работы качеств, психологического и физического порядка, недостаток знаний или опыта, нарушение физического или эмоционального состояния и пр. Внутренние факторы могут порождаться и внешними обстоятельствами, в том числе многими социальными факторами, такими как психологический климат в коллективе, принятая система стимулирования труда, условия жизни. А применительно к конкретному работнику, решающим производственным фактором является его рабочее место, которое формирует комплекс специфических факторов, влияющих на его психику, самочувствие, здоровье и работоспособность в целом (пространственные размеры рабочего места, микроклимат, освещенность, эргономические параметры оборудования, организация и кооперация труда, содержание рабочих операций, темп работы и др.).

Решающим фактором, определяющим действия, является его собственный образ мыслей, установки, жизненные принципы, приоритеты. В трудовой деятельности у работника может преобладать одна из следующих установок:

- установка выгоды – приоритетным для работника является вознаграждение за труд (заработать как можно больше);
- установка за безопасность – работник уверен, что сохранение своей жизни и здоровья превыше всего, для чего необходимо выполнять требования безопасности, избегать опасных ситуаций, быть предельно бдительным и т.д.;
- установка на экономию сил, удобств – работник выбирает более легкий способ выполнения задания, избегает тяжелых работ, не напрягается;
- установка на получение удовлетворения от процесса труда, от его результата – это, так называемые, «трудоголики»;
- установка действовать так, как это принято в данной группе, коллективе («не высовываться»).

В реальности названные установки могут присутствовать у работника в любом сочетании, и при определенных обстоятельствах конфликтовать между собой, порождая сомнения, неуверенность, напряженность.

Основой поведения человека является мотивация, а конкретный поступок, конкретное действие происходит под влиянием мотива – «детонатора» действия. Мотив – это то, что в данный момент, при данных условиях, при данном физическом и психическом состоянии человека побуждает его к данному действию (опасному или соответствующему норме). Поэтому важным компонентом мотивации является психологическая установка (настрой) на выполнение требований безопасности. То есть безопасная деятельность работника является следствием правильного отношения к требованиям охраны труда, его настрой на работу без несчастных случаев.

Таким образом, для сокращения числа несчастных случаев на производстве, необходимо каждому человеку правильно расставить приоритеты и быть ответственным за здоровье и безопасность свою и окружающих людей. Работники обязаны точно следовать всем требованиям техники безопасности, так как они придуманы не просто, так и направлены на сведение к минимум опасного воздействия на человека различных производственных факторов (шум, вибрация, температура, токсические вещества; использование машин и механизмов, работа на высоте или под землей и т.д.).

Руководство обязано предоставить подчиненным максимально безопасные условия труда: избавляться от оборудования, не работающего в установленном режиме, обеспечить необходимыми средствами защиты, своевременно проводить инструктажи по технике безопасности и контролировать исполнение правил безопасного поведения на своем рабочем месте на территории предприятия в целом; обязано не допускать в той или иной степени опасной работе людей, не обладающих соответствующими знаниями, навыками, физическими и психологическими данными. Руководство может стимулировать безопасное поведение работников путем поощрений или наказаний, которые могут выражаться в различных формах.

Абсолютно каждый человек, работающий на том или ином предприятии, начиная от генерального директора заканчивая студентом, проходящим в течение нескольких недель практику на данном производстве, должен четко понимать, что на авось никогда надеяться нельзя, что правила написаны для того, чтобы их соблюдали и не воспринимали лишь как формальность, и любое отступление от них не пройдет бесследно – благо, если это будет мелкое нарушение, которое во время заметит руководство и примет меры для недопущения подобного в будущем. Для всех работников приоритетной должна быть установка на безопасность и каждый должен сформировать у себя в голове образ мыслей, не допускающий небрежного, попустительского отношения к своей работе.

Права работников и нанимателей в области охраны труда

Студент гр.11403612 Пекарский С.А.
Научный руководитель – Кузьмич Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Охране труда посвящена статья 41 Конституции Республики Беларусь, глава 16 Трудового кодекса Республики Беларусь (далее – ТК), а также действует Закон Республики Беларусь № 356-3 от 23.06.2008 г. «Об охране труда» (далее – Закон).

В соответствии со ст. 221 ТК и ст. 1 Закона охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-противоэпидемические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

Закон направлен на регулирование общественных отношений в области охраны труда и реализацию установленного Конституцией Республики Беларусь права граждан на здоровые и безопасные условия труда.

Право работника на охрану труда регламентировано в ст. 222 ТК, а гарантии работника на охрану труда – в ст. 223 ТК.

Государственное управление в области охраны труда осуществляют Президент Республики Беларусь, Правительство Республики Беларусь, республиканские органы государственного управления и иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, местные исполнительные и распорядительные органы в пределах своей компетенции.

Надзор за соблюдением законодательства об охране труда осуществляется Департаментом государственной инспекции труда и социальной защиты Республики Беларусь (далее, если не предусмотрено иное, – Департамент), его обособленными территориальными подразделениями, иными органами, уполномоченными на осуществление контроля (надзора), в пределах их компетенции в соответствующих сферах деятельности.

В Республике Беларусь действуют Постановление министерства труда и социальной защиты от 03.06.2003 г. № 70 «Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда», а также Постановление Министерства архитектуры и строительства от 20.09.2004 г. № 22 «Об утверждении Инструкции обучения безопасным методам и приемам работы, проведения инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда работников организаций системы Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь».

Работник подлежит обязательному страхованию нанимателем от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 25.08.2006 г. № 530 «О страховой деятельности (вместе с «Положением о страховой деятельности в Республике Беларусь»)). Порядок и условия осуществления обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний регламентируется главой 16 Положения, утвержденного Указом № 530.

Работодатели и работающие, виновные в нарушении законодательства об охране труда или препятствующие деятельности представителей органов, уполномоченных на осуществление контроля (надзора), общественного контроля за соблюдением законодательства об охране труда, несут ответственность в соответствии с законодательными актами.

В частности административная ответственность за нарушение правил охраны труда закреплена в ст. 9.17 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях, уголовная ответственность за нарушение правил техники безопасности, промышленной санитарии или иных правил охраны труда должностным лицом, ответственным за их соблюде-

ние (нарушение правил охраны труда), повлекшее по неосторожности профессиональное заболевание либо причинение тяжкого или менее тяжкого телесного повреждения; нарушение правил охраны труда, повлекшее по неосторожности смерть человека либо причинение тяжкого телесного повреждения двум или более лицам; нарушение правил охраны труда, повлекшее по неосторожности смерть двух или более лиц закреплено в ст. 306 Уголовного кодекса Республики Беларусь.

УДК 621.31:658

Меры безопасности и средства защиты, применяемые при выполнении работ под высоким напряжением на воздушных линиях электропередач

Студенты: гр. 10603312 Капустинский А.Ю., гр. 10602212 Попкова Н.А.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В энергосистемах всех стран мира существует ряд мероприятий по обслуживанию ВЛЭП (воздушных линий электропередач) под напряжением. Данный класс работ является, вероятно, самым опасным в сфере электроэнергетики, однако его достоинства вполне очевидны. Главными достоинствами ремонта ВЛЭП под напряжением являются то, что он приносит народному хозяйству значительную экономию благодаря тому, что при данном методе исключается недоотпуск электроэнергии потребителям и увеличение потерь электроэнергии, увеличивается надежность электроснабжения потребителей, а также то, что для ремонта неотключенных ВЛЭП требуется меньшее количество ремонтного персонала.

Однако работа под напряжением на ВЛЭП связана с рядом опасностей. Основной опасностью для персонала является опасность поражения током и ожога электрической дугой, однако также необходимо помнить об опасном продолжительном воздействии на организм человека электромагнитного поля. Ряд этих факторов влияет как на человека, работающего на изолирующем устройстве, т.е. находящегося под потенциалом провода, так и на работающего на опоре. Наличие дополнительной опасности для жизни человека обусловило возникновение ряда мероприятий по обеспечению максимально возможной безопасной рабочей обстановки. Согласно действующему на территории Республики Беларусь ТКП 181–2009, техническое обслуживание и ремонтные работы ВЛЭП могут проводиться с отключением линии, одной фазы (пофазный ремонт) и без снятия напряжения.

Безопасность электромонтера, работающего под напряжением, должна быть достигнута применением изолирующих средств, обеспечивающих такое увеличение сопротивления электрической цепи «провод – изоляция – человек – земля», чтобы ток, протекающий через тело человека, снизился до безопасных значений. Это требование распространяется как на изоляцию человека от тех элементов, на которых он производит работу, так и от других частей электроустановки, находящихся под напряжением.

Для выполнения различного вида работ на разных классах напряжениях получили распространение 3 группы мероприятий по обеспечению необходимого уровня безопасности персонала, применение которых впоследствии были названы как:

- Метод работы в контакте;
- Метод работы на расстоянии;
- Метод работы на потенциале.

Различие между работой в контакте и работой на расстоянии весьма незначительны.

В обоих случаях безопасность электромонтера обеспечивается применением для технологических операций электроизолирующих перчаток и инструмента с электроизолирующими ручками. Электромонтер выполняет все технологические операции в непосредственной близости от провода без непосредственного соприкосновения с ним, так как все операции

производятся с применением изолирующего инструмента. При работе на расстоянии при этом провод, находящийся под напряжением, отводится от опоры и от электромонтера с помощью электроизолирующих штанг. Особую опасность и особый интерес вызывает метод работы на потенциале, когда защита электромонтера от протекания по нему тока, значение которого превышает порог чувствительности, осуществляется шунтированием пути протекания тока через человека методом выравнивания потенциала провода, находящегося под рабочим напряжением, и потенциала рабочего места, на котором размещается электромонтер, с одновременным применением надежной изоляции рабочего места от земли или заземленных элементов опоры. При этом от воздействия электрического поля электромонтер защищается электропроводящим комплектом спецодежды, образующим клетку Фарадея, внутри которой действие поля сведено к минимуму, требования к которому приведены в ГОСТ 12.4.172–2014. Соблюдение данных требований позволяет касаться ВЛЭП с рабочим напряжением непосредственно рукой.

В настоящее время передовым способом осуществления работы на потенциале является ее осуществление с использованием небольших вертолетов. Преимуществом данного метода является то, что вертолет, находящийся в воздухе, не имеет электрической связи с землей, так как емкостное сопротивление слоя воздуха между вертолетом и землей более чем достаточно для обеспечения необходимого уровня изоляции. При этом электромонтер сперва должен выровнять потенциал вертолета с потенциалом линии, а лишь затем производить необходимые ремонтные работы или проверку арматуры линии. Нередко при проведении данного вида работ после выравнивания потенциалов электромонтер покидает кабину вертолета или электрически связанную с ним платформу для проведения работ и некоторое время проводит необходимые работы находясь на фазном проводе, причем страховочный трос крепится непосредственно к проводу. Вертолет при этом отлетает на расстояние, достаточное для того, чтобы минимизировать влияние создаваемых воздушных потоков на процесс работы электромонтера. Таким образом с использованием разных методов работы под напряжением могут проводиться ремонтные работы ВЛЭП любого существующего класса напряжения.

Под напряжением на ВЛЭП проводятся: замена изоляторов и арматуры; снятие с проводов набросов; осмотр провода со вскрытием подвесных зажимов; замена проводов на отдельных участках линии; ремонт провода в любом месте пролета – установка шунтов, бандажей и ремонтных муфт, вставка жил и небольших кусков провода; установка на проводе контрольно-измерительной аппаратуры и подобные им работы. Кроме того, без отключения ВЛЭП выполняются и другие работы, не требующие прикосновения к проводам: покраска металлических и антисептирование деревянных опор, выправка опор; замена отдельных деталей деревянных опор – пасынков, траверс, стоек и др., а также опор в целом; замена грозозащитных тросов и т.п. Опыт энергосистем стран СНГ и зарубежный опыт показывают, что до 90% объема работ по ремонту ВЛЭП может выполняться под напряжением, что обуславливает совершенствование существующих методов работы под напряжением с целью повышения производительности труда и безопасности работы.

УДК 331.45

Основные причины несчастных случаев при производстве строительных и строительного-монтажных работ

Студент гр. 30605211 Любецкий Е.Ю.
Научный руководитель – Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

По оперативным данным Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь в организациях всех организационно-

правовых форм, выполняющих строительные и строительномонтажные работы, за 2015 год погибло 28 человек, что составляет 22,6 % от общего числа получивших травмы со смертельным исходом. При этом удельный вес погибших в строительной отрасли вырос на 1,7 % по сравнению с 2014 годом на фоне снижения объемов строительных работ. Только в организациях, подчиненных Министерству архитектуры и строительства Республики Беларусь, в результате несчастных случаев на производстве в 2015 году 11 работников погибли и 38 – получили тяжелые производственные травмы (в 2014 году – 8 и 40 соответственно).

Нарушение установленных правил и норм безопасности труда со стороны нанимателей были выявлены почти в 73 % случаев, повлекших гибель людей (по республике – 57,8 %).

В организациях коммунальной формы собственности, осуществляющих строительную деятельность, в 2015 году зарегистрировано 2 несчастных случая со смертельным исходом и 18 – приведших к тяжелым производственным травмам (в 2014 году – 8 и 29 соответственно).

Основными видами происшествий, повлекших несчастные случаи на строительных объектах, явились падение потерпевших с высоты, а также падение на них или обрушение конструкций зданий и сооружений, обвалы предметов, материалов, грунта. Кроме того, травмирование работающих обуславливалось воздействием движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов.

Мониторинг причин несчастных случаев со смертельным исходом, происшедших в организациях, осуществляющих строительную деятельность, показывает, что основными из них являются нарушение потерпевшими трудовой и производственной дисциплины, инструкций по охране труда – 30 %, также невыполнение должностными лицами обязанностей по охране труда – 25 %. В то же время по республике указанные причины составляют соответственно 20,5 и 16,9 процента от их общего числа. Неприменение потерпевшими выданных им средств индивидуальной защиты составило 15 % от общего числа установленных причин (по республике – 2,1 %).

Кроме того по 10 % составил удельный вес причин, обусловленных эксплуатацией неисправных, несоответствующих требованиям безопасности машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента; отсутствием, некачественной разработкой, нарушением требований проектной документации (по республике соответственно 3,7 и 4,4 процента).

Такие причины, как несоответствие технологического процесса требованиям по охране труда и недостатки в организации рабочих мест, имели место каждая в 5 % случаев (по республике соответственно 1,2 и 3,8 процента). Наличие перечисленных причин и их удельный вес недопустимы для строительного производства, так как абсолютное большинство работ, выполняемых на строительных объектах, отнесены к категории с повышенной опасностью.

Правильная организация строительных и строительномонтажных работ со стороны должностных лиц и неукоснительное соблюдение требований по охране труда при их выполнении со стороны работающих, должно стать приоритетным направлением в системе мер по профилактике производственного травматизма.

УДК 331.45

Методические аспекты формирования комфортной визуальной среды на рабочих местах

Магистрант Пеньялоса Д., студент гр. 11305512 Матюш И.И.
Научный руководитель – Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Научные открытия в медицине и нейрофизиологии, связанные с влиянием света на нормальную жизнедеятельность человека, в том числе возрастные изменения зрительного

анализатора, а также инновации в светотехнике – разработка новых источников света, свето-пропускающих, светопередающих, отражающих и солнцезащитных устройств, явились, по нашему мнению, предпосылками разработки стандарта ISO 16817:2012 «Проектирование среды зданий. Внутренняя среда зданий. Процесс проектирования визуальной среды». Идеология данного стандарта – рассмотрение освещения как процесса взаимодействия заинтересованных сторон – «владельца», «проектировщика» и «пользователя» с целью повышения качества световой среды, и в этом смысле совмещенное освещение представляет собой компромиссное техническое решение между запросами пользователя, требованиями нормативных документов и ресурсами владельца.

Анализ показал, что современное состояние технического нормативного правового обеспечения в целом позволяет выполнять рекомендации ISO 16817:2012, однако не в полной мере проработаны пункты «обратная связь пользователя», «возраст пользователей», «связь между внутренним и внешним окружением». Поэтому подготовка опросных листов пользователей на основе рекомендаций ISO 16817:2012 и учет их восприятий и пожеланий позволит повысить качество световой среды с учетом аспектов энергосбережения. В то же время стремительное развитие цифровой техники и технологий компьютерного моделирования, существенно повышающих эффективность процессов проектирования освещения, стимулируют разработку новых методов измерений, основанных на использовании устройств с высоким пространственным и яркостным разрешением, позволяющих осуществлять мониторинг световой среды в процессе эксплуатации зданий. При этом основным требованием является создание условий обеспечения единства измерений за счет метрологической прослеживаемости условных шкал, встроенных в передающие и воспроизводящие устройства, до единиц системы СИ.

УДК 331.41.43

Электрозащитные средства, применяемые в электроустановках

Студенты гр. 10602212 Зубарев А.А., Савчук А.Н.
Научный руководитель – Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Любая электроустановка несет в себе большую опасность. Опасность заключается в поражении непосредственно электрическим током и электрической дугой. Следовательно, при обслуживании электроустановки необходимо пользоваться электрозащитными средствами.

Электрозащитные средства – это такие средства, которые предназначены для обеспечения электробезопасности при обслуживании электроустановок.

Электрозащитное средство называют изолирующими, так как оно изолирует человека от токоведущих частей, которые находятся под рабочим напряжением. Короче говоря – защищает человека от поражения электрическим током. Все электрозащитные изолирующие средства подразделяются на две группы: основные и дополнительные. Основное защитное средство – защитное изолирующее средство, изоляция которого позволяет продолжительное время работать на включенных токоведущих частях без снятия напряжения (указатель напряжения, изолирующие клещи, штанги и др.).

Дополнительное защитное средство – защитное средство, изоляция которого в полной мере не обеспечивает защиту человека от поражения электрическим током. Дополнительное электрозащитное средство дополняет основное защитное средство, а также является защитой от шагового напряжения (напряжения шага) и напряжения прикосновения.

В свою очередь, как основные, так и дополнительные защитные средства классифицируют по рабочему напряжению: до 1000 вольт и выше 1000 вольт. Кроме электрозащитных изолирующих средств, для обеспечения безопасности персонала, который обслуживает элек-

троустановку, необходимо применять средства индивидуальной защиты. Некоторые из них: респираторы, защитные каски, специальные защитные очки, противогазы, предохранительные пояса и канаты для страховки. Все электрoзащитные средства, которые применяются при выполнении работ в электрoустановке, должны иметь инвентарные номера. Исключение составляют коврики, плакаты безопасности, знаки и ограждения.

Нумерация средств защиты четко не регламентируется, каждое предприятие устанавливает свои правила нумерации. Номер наносится непосредственно на средство защиты или на бирку. При этом следует помнить о том, что нанесение номера не должно привести к повреждению средств защиты, а именно ухудшению механических и электрoизоляционных свойств.

На электрoзащитное средство наносится специальный штамп, в котором указывается его инвентарный номер, дата проведения испытания в электрoлаборатории, а также значение напряжения, при котором допускается применение данного средства (за исключением электрoизолирующей обуви, перчаток).

На каждом объекте, подразделении следует вести журнал учета и хранения средств защиты. В данном журнале приведены все средства, находящиеся в эксплуатации на данном объекте, их инвентарные номера, дата периодического осмотра, дата предыдущего и следующего испытания, а также место, где расположено защитное средство.

Исходя из того, что срок испытания электрoизолирующих перчаток составляет шесть месяцев, принято каждые шесть месяцев производить периодический осмотр электрoзащитных средств. Данные осмотры выполняет ответственное лицо.

Все электрoзащитные средства хранятся в специально отведенной для этих целей комнате или на стенде. Если какое-либо средство не прошло испытание в лаборатории, то его запрещено хранить вместе с остальными, пригодными к эксплуатации средствами защиты.

При выполнении работ в распределительных устройствах, где напряженность электрического поля превышает допустимую норму, необходимо применять специальные экранирующие комплекты и соответствующие плакаты безопасности.

УДК 331.45

Техника безопасности при неавтоматизированном изготовлении оптических деталей

Студент гр.11311112 Берёзкин Д.С.
Научный руководитель – Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Оптик – это рабочий, который изготавливает оптические детали из оптического стекла, оптических кристаллов и керамики на шлифовально - полировальном оборудовании. Он может работать в оптико-механических организациях оптического приборостроения. Оптические детали изготавливают путем механической обработки заготовок из оптического стекла, кристаллов или керамики.

При неавтоматизированном производственном процессе рабочий получает операционную карту, в которой указывается основное содержание операций (схема базирования заготовки, обрабатываемые поверхности, требуемая точность обработки, шероховатость поверхностей). Решение других вопросов (последовательность обработки поверхностей, величина снимаемого припуска за один рабочий ход инструмента, режим обработки, частота подачи абразива, время обработки) осуществляется самим рабочим. При автоматизированном производственном процессе последовательность работ механизмов и качество обработки не зависят от рабочего, определяются программой, точностью ее постановки.

Специалист выполняет такие виды работ, как: *блокирование* – соединение заготовок оптических деталей для совместной их обработки; *шлифование* – обработка заготовок опти-

ческих деталей свободным или связанным абразивом с помощью жесткого металлического инструмента; *полирование* – обработка заготовок оптических деталей с помощью полировальных порошков, нанесенных на поверхность полировального инструмента; *доводка* – дополнительное полирование оптических деталей для улучшения качества поверхностей; *центрирование линз* – совмещение геометрической и оптической оси линзы путем шлифования поверхности линзы. Также оптик должен знать устройство и принцип работы шлифовально-полировальных станков; физико-химические свойства обрабатываемых и вспомогательных материалов; правила пользования оптическими приборами для проверки линейных, угловых и оптических характеристик изготавливаемых деталей; технологические особенности обработки различных марок оптических стекол, мягких стекол, оптических кристаллов и керамики; способы доводки чистоты и цвета; методы контроля эталонов и пробных стекол; способы изготовления сложных приспособлений.

Основным оборудованием рабочего места специалиста является шлифовально-полировальный станок. В работе он также может использовать абразивные материалы, инструменты, материалы для промывания и протирания деталей. Условия труда определяются совокупностью факторов, влияющих на работоспособность и здоровье человека. На оптика могут воздействовать следующие неблагоприятные факторы производственной среды и трудового процесса: вредные вещества в воздухе рабочей зоны; запыленность воздуха рабочей зоны; механические воздействия (травмирование рук, пальцев и других частей тела оборудованием или инструментами); сенсорные нагрузки (длительность сосредоточенного наблюдения). Оптику могут быть предоставлены компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, подтверждаемыми результатами аттестации рабочих мест по условиям труда. Профессионально важными качествами, обеспечивающими профессиональную пригодность оптика, являются такие, как устойчивость к монотонии; хорошее зрение; наглядно-образная память; развитое суставно-мышечное чувство; аккуратность; внимательность.

Примерный перечень медицинских противопоказаний, который необходимо учитывать при выборе профессии оптик, это: снижение остроты зрения (учитывается степень); заболевания центральной нервной системы со стойкими выраженными нарушениями функций.

УДК 621.311.25:621

Обучающие комплексы в подготовке специалистов для АЭС

Студенты гр. 10608112 Жаворонок Н.Б., Пташиц К.П., Чебаевская А.М.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из основных факторов, гарантирующих безопасность и надежную эксплуатацию сложных технологических объектов и производств, является высокий уровень подготовки персонала. Между тем обучение на действующих АЭС всегда ограничено регламентом и штатным режимом при эксплуатации. Такая сложная операция, как останов и пуск станции после перегрузки топлива, производится один раз в год, обучение действиями в случае отказов того или иного оборудования на действующей АЭС не проводится. Внедрение в учебный процесс компьютерных тренажеров позволило эффективно решать эти и другие проблемы подготовки специалистов для работы в атомной энергетике.

Для обучения персонала атомной электростанции действиями в условиях ее нормальной эксплуатации, а также в случае различных отклонений от режимов нормальной эксплуатации организованы учебно-тренировочные пункты (УТП), оснащенные широким набором обучающих систем и укомплектованные инструкторами, имеющими большой стаж работы на АЭС.

Обучение оперативного персонала АЭС в УТП состоит из нескольких этапов, которые органично дополняют друг друга. Первый этап – это лекции и теоретические занятия. Второй

этап обучения проходит с использованием компьютерных анализаторов различного класса, целью которого является изучение состава устройства и работы оборудования и систем энергоблока, физики процессов, происходящих в оборудовании АЭС. Третий этап включает отработку регламентных действий на полномасштабном тренажере АЭС, закрепление моторных навыков управления энергоблоком.

Современная мировая практика предполагает, что оперативный персонал атомных электростанций, непосредственно управляющий работой энергоблока с блочного центра управления (БЦУ), ежегодно проходит регулярную подготовку на полномасштабном тренажере АЭС (ПМТ). Развитие и удешевление вычислительной техники сделали возможными разработку и оборудование ПМТ не только для каждой АЭС, но и для каждого энергоблока атомной станции, поскольку даже типовые энергоблоки отличаются топливными загрузками и имеют свои конструкционные особенности.

Современные полномасштабные тренажеры АЭС представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы, в которых полностью представлены все элементы управления и отображения информации действующего энергоблока.

В процессе приемосдаточных испытаний комплекса особое внимание уделяется адекватности воспроизведения компьютерными моделями всех процессов и физических явлений, происходящих на энергоблоке АЭС как в штатных, так и в аварийных режимах с единичным и множественными отказами оборудования.

Основными преимуществами использования тренажеров в обучении персонала АЭС являются:

- полная безопасность по сравнению с обучением на реальном объекте управления;
- возможность многократного повторения регламентных действий за ограниченный промежуток времени (например, остановка и пуска реактора);
- возможность моделирования единичных отказов оборудования АЭС (например, остановки главного циркуляционного насоса) и отработка связанных с ними действий персонала;
- возможность моделирования множественных связанных и не связанных между собой отказов оборудования;
- возможность моделирования аварийных ситуаций.

Все более широкое распространение в мире, а в последнее время и в России, получает кроме того, применение тренажера и компьютерных анализаторов для проверки технических решений на этапе проектирования и строительства АЭС, а также при модернизации или замене действующего оборудования АЭС, особенно при внедрении новых цифровых АСУ ТП. Тренажеры используются также для разработки симптомно-ориентированных инструкций для оперативного персонала АЭС, отслеживающих цепочки событий на энергоблоке и возможные действия персонала в различных ситуациях.

Как к полномасштабным, так и к компьютерным тренажерам различного класса применяются регулируемые законодательством минимальные требования по объему и качеству моделирования. С развитием вычислительной техники стандарты моделирования неуклонно повышаются, происходит переход от точечных моделей к пространственно распределенным, повышаются требования к объему и точности моделирования оборудования АЭС и происходящим в них процессам. С переходом на цифровые АСУ ТП на порядки возрастает количество поступающих и обрабатываемых сигналов от оборудования АЭС, что существенно расширяет верификационную базу при создании компьютерных тренажеров различного класса.

В объем моделирования компьютерного тренажера входят:

- реактор и активная зона;
- первый контур: холодная и горячая нитки главного циркуляционного контура, главные циркуляционные насосы, парогенераторы;
- компенсатор давления и система компенсации давления первого контура;
- система подпитки-продувки первого контура, включая систему борного регулирования;

- второй контур: трубопроводы пара и воды, главный паровой коллектор, турбопитательные насосы;
- система управления и защиты;
- системы безопасности.

Основным элементом, организующим взаимодействие пользователя и тренажера, является так называемый «экраный формат». Тренажер КОС-АЗ имеет десять функций, которые дают наглядное описание конструкции реактора, отображают информацию о процессе моделирования в виде чисел, графиков, гистограмм, плоских и объемных распределений физических величин в активной зоне реактора: энерговыделения в тепловыделяющих сборках (ТВС), выгорания топлива, температуры топлива и теплоносителя и т.д. Предусмотрена возможность управления тренажером с помощью компьютерного манипулятора «мышь». Пользователь может управлять концентрацией борной кислоты в теплоносителе первого контура, положением групп органов регулирования системы управления и защиты реактора (СУЗ), запускать и останавливать насосы первого и второго контура, управлять положением различных задвижек и работой автоматических регуляторов.

Тренажер дает возможность студентам ознакомиться с конструкцией и основами управления реактором ВВЭР-1000, качественно изучить основные физические процессы и явления в активной зоне реактора ВВЭР-1000: переходные процессы на мгновенных и запаздывающих нейтронах, ксеноновые переходные процессы, отравление реактора самарием, выгорание топлива в реакторе и остаточное энерговыделение.

Во время работы тренажера проконтролируются как результаты моделирования, так и управляющие воздействия на тренажер со стороны обучаемого.

Таким образом, выполнение лабораторных работ с использованием тренажера включает теоретическую подготовку к занятию, решение учебной задачи на тренажере, анализ результатов моделирования, построение таблиц и графиков, ответы на контрольные вопросы.

УДК 331.442

Вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на менеджеров дизайн-проектов в промышленности

Студенты гр. 10508114 Демьянец К.И., Шкут Д.И.
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Менеджер дизайн-проектов на производстве – сотрудник, который обладает инженерными навыками дизайнера и одновременно навыками менеджера и экономиста. Функции такого специалиста заключаются в руководстве проектами начиная от разработки конструкции и дизайна нового вида продукции до стадии наладки массового производства с учетом всех пожеланий заказчика, координацией работы всех специалистов, занятых в проекте. Исходя из особенностей труда, на менеджера дизайн-проектов осуществляется комплексное воздействие широкого ряда производственных факторов, характерных для сотрудников различных специальностей. В данной работе проведен анализ вредных и опасных производственных факторов, воздействующих на менеджера и рассмотрены меры по предотвращению их воздействия.

Разработка промышленного дизайна включает в себя следующие этапы: генерацию идеи, концептуальную проработку и оформление технического задания, эскизирование, макетирование, трехмерное моделирование и визуализацию, конструирование, прототипирование. На каждом этапе менеджер общается с заказчиками и сотрудниками, решает социально-технические проблемы функционирования проекта, соответственно, сталкивается с умствен-

ным перенапряжением в результате больших объемов информации, которую необходимо анализировать, доносить до сотрудников их задания. Поэтому важно соблюдать рациональный график работы и делать перерывы.

Для предотвращения несчастных случаев на производстве менеджер, прежде чем приступить к выполнению должностных обязанностей, должен пройти вводный и первичный инструктажи и затем раз в полгода проходить повторный, четко соблюдать установленную на предприятии технику безопасности, правила пожарной безопасности.

Поскольку работа менеджера предполагает частую работу с компьютером, то сотрудник подвергается воздействию следующих психофизиологических факторов: постоянное напряжение зрения, памяти, внимания, длительные статические напряжения, монотонность труда и др.. Также компьютерная техника является источником радиочастотного, ультрафиолетового, электромагнитного, Wi-Fi излучений, снижает концентрацию кислорода, повышает концентрацию озона, нарушает аэроионный состав воздуха, служит источником опасности удара электрическим током – все это относится к физическим вредным факторам

Уровни физических факторов не должны превышать предельно-допустимые уровни, установленные гигиеническим нормативом «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами». Регулярно должны проводиться инструментальный контроль и гигиеническая оценка уровней электромагнитных полей. Помещение с компьютером должно иметь естественное и искусственное освещение, должно быть оборудовано защитным заземлением или занулением, системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией и не должно граничить с помещением, в котором уровни шума и вибрации превышают нормируемые значения для описанного вида работ. Например, работа менеджеров относится к категории I (выполнение основной работы на видео-дисплейных терминалах в диспетчерских, операторских, расчетных кабинах и постах управления, работа в залах вычислительной техники), поэтому эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА. Освещенность места расположения рабочих документов должна быть в пределах 300 – 500 лк. Площадь рабочего места пользователя ПЭВМ с жидкокристаллическим дисплеем должна быть не менее 4,5 м². Оптимальные показатели микроклимата для категории работы менеджера 1а или 1б должны находиться в пределах: температура 21 - 25°С, влажность 40-60%, скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. Оптимальная концентрация аэроионов должна составлять: положительных – от 1500 до 3000, отрицательных – от 300 до 5000. Конструкция мебели на рабочем месте должна быть эргономичной, соответствовать основным статическим и динамическим антропометрическим характеристикам менеджера и иметь возможность регулировки параметров. Так как работа менеджера проводится в режиме диалога с ПЭВМ и может составлять до половины рабочего времени (4 часа), то суммарная продолжительность регламентированных перерывов должна быть не менее 50 минут (до 15-20 минут каждые 1,5 – 2 часа работы).

Кроме работы за компьютером менеджер посещает другие помещения, в том числе и производственные, где на него, в зависимости от специфики производства, могут воздействовать физические (движущийся транспорт, машины, механизмы, части оборудования; острые кромки и шероховатость поверхности заготовок; падающие или отлетающие предметы; шум; вибрация; наличие тока; электромагнитные поля; повышенная или пониженная температура поверхностей и др.), химические (вредные вещества и пыль в воздухе), реже – биологические (патогенные организмы, растения, животные) вредные факторы. Для предотвращения или уменьшения воздействия на менеджера этих факторов необходимо использование средств индивидуальной защиты, спецобуви и спецодежды, соблюдение правил внутреннего распорядка, техники безопасности и пожарной безопасности, которые предусмотрены на предприятии для работников производства.

Работа менеджера дизайн-проектов на промышленном предприятии подразумевает под собой немалое количество факторов риска.

Студенты гр. 10603312 Заранко В.И., Киселева Д.Л., Миронович Д.И.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Трудовая деятельность оперативного, ремонтного, оперативно-ремонтного и дежурного персонала предприятия электрических сетей протекает в неблагоприятных условиях труда. Последние, как часть окружающей внешней среды, складываются из санитарно-гигиенических факторов, связанных с трудовой деятельностью (психофизиологических факторов: неудобная рабочая поза, нервно-эмоциональное напряжение и т.д.), которые принято называть вредными и опасными производственными факторами.

Анализ трудовой деятельности персонала, обслуживающего ВЛ-0,38-10 кВ, показывает, что его работа требует достаточно высокого нервно-эмоционального напряжения, нагрузки на опорно-двигательный аппарат и др. Выполняя работу в условиях постоянного риска для жизни, она осуществляется в неблагоприятных погодных условиях, на высоте, в стесненных условиях.

Каждый из перечисленных факторов в процессе длительного воздействия на человека вызывает в его организме различные патологические изменения, которые в сочетании с указанными выше психофизиологическими перегрузками при некоторых обстоятельствах могут привести к ошибкам при выполнении работ и, как следствие, к несчастным случаям. А, учитывая специфику энергетической отрасли, последствия таких ошибок могут быть самыми непредсказуемыми. Постоянное влияние такого комплекса факторов может приводить к нарушениям центральной нервной системы, системы кровообращения и др.

Для оценки условий труда проводится исследование санитарно-гигиенических и психофизиологических факторов производственной среды.

Оценка санитарно-гигиенических факторов проводится путем сопоставления фактических значений факторов, полученных посредством инструментальных замеров и лабораторных исследований с нормативными (регламентированными). Определяются величины превышения параметров факторов относительно нормативов.

Оценка психофизиологических факторов проводится путем сопоставления фактических значений их величин с допустимыми.

На основе полученных замеров и исследований составляется «Карта условий труда на рабочем месте» на каждое рабочее место или группу аналогичных мест.

При производстве работ по оперативному обслуживанию, монтажу, ремонту и эксплуатации ВЛ-0,38-10 кВ персонал предприятия электрических сетей находится в специфических условиях. В основном все виды работ производятся на открытом воздухе, в любую погоду и время года.

Производственный электротравматизм электротехнического персонала находится в прямой зависимости от уровня организации эксплуатации электроустановок и безопасности производства работ в них. Неудовлетворительное состояние и эксплуатация электроустановок порождают электротравмы не только электротехнического персонала, но и работников других профессий и специальностей.

Производственный электротравматизм с неэлектротехническим персоналом по причинам от соприкосновения с проводами воздушных линий электропередачи (ВЛ) возникает, в основном, в результате незнания ими элементарных правил работы в охранной зоне линий или пренебрежения ими. В некоторых организациях обслуживание электроустановок производится персоналом, не имеющим представления об опасности электрического тока, без обучения, проверки знаний и инструктажа по охране труда. Электроустановки таких организа-

ций представляют угрозу жизни и здоровья не только персоналу этих организаций, но и окружающим.

Основными требованиями мероприятий, обеспечивающих безопасность работы в электроустановках, являются:

- оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- производство необходимых отключений и принятие мер, препятствующих подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- установка заземлений;
- допуск к работе.

При этом воздушные линии и оборудование, обслуживаемое персоналом, является источником следующих опасных и вредных производственных факторов: открытые токоведущие части оборудования, шум, вибрация, повышенная или пониженная температура воздуха и т.д. Некоторые виды работ на ВЛ-0,38-10 кВ производятся под напряжением с подъемом на опоры, в зоне влияния электрических полей промышленной частоты.

Большинство несчастных случаев происходит по следующим причинам:

- техническая неисправность электроустановок;
- не оформление производства работ нарядом-допуском, которым предусматриваются условия безопасного проведения работ и лица, ответственные за их выполнение;
- не выполнение организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ;
- не обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;
- допуск лиц, не относящихся к электротехническому персоналу, к выполнению ремонтных работ в электроустановках;
- не выполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда.

Практика показывает, что эффективность организационно-технических мероприятий гарантируется только при точном соблюдении порядка их применения, регламентированного правилами. Смысл этого требования заключается не только в четком разграничении обязанностей при выполнении работ, но и ответственности лиц за соблюдение необходимых мер безопасности каждого из участвующих в их организации и проведении: выдающего наряд, отдающего распоряжение, допускающего, ответственного руководителя, производителя работ, наблюдающего и членов бригады. Халатное отношение к своим правам и обязанностям, определенным правилами, также приводит к электротравматизму.

УДК 331.435

Охрана труда при работе с техническими средствами таможенного контроля

Студенты гр. 10806112 Вишневская Т.Ю., Зубрицкая М.Ю.

Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Таможенные органы Республики Беларусь применяют технические средства таможенного контроля (далее ТСТК) в процессе контроля всех видов транспорта, объектов перемещаемых через таможенную границу, лиц пересекающих таможенную границу, с целью проверки сведений документов, устанавливая соответствие содержимого контролируемых объектов представленным на них документам, а так же выявления в этих объектах предметов таможенных нарушений.

Эксплуатация всех ТСТК осуществляется на основании технологических инструкций, а так же нормативной, эксплуатационной и ремонтной документации, в которой определены нормы расхода материалов и меры безопасности. К работе с техническими средствами допускаются сотрудники, прошедшие специальную подготовку и имеющие разрешение.

Так как практически все современные технические средства контроля являются электронными, то в первую очередь необходимо соблюдать правила электробезопасности: установки, работающие от сети, должны быть заземлены, персонал проходит соответствующий инструктаж.

Технические средства таможенного контроля можно разделить на несколько групп в зависимости от того, источником какого основного вредного фактора является прибор.

Источниками электромагнитных полей являются различного рода металлодетекторы. Воздействующие на работника электромагнитные поля по энергетической экспозиции и значению напряженности, а также плотности потока энергии не должны превышать предельно допустимые нормы, установленные СНиП «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» (постановление Минздрава РФ №23 от 5.03.2015). Техническая документация на приборы-источники электромагнитного излучения должна соответствовать требованиям санитарно-гигиенического законодательства, на лицевые панели должны быть нанесены соответствующие предупредительные надписи, а размещать оборудование следует с учетом недопустимости повышенного электромагнитного воздействия на соседние рабочие места и помещения.

Рентгеновское излучение – один из вредных производственных факторов, источником которого являются установки для рентгеновского досмотра (интроскопы), рентгенофлуоресцентные спектрометры и иные приборы, в основе работы которых лежит рентгеноскопия, рентгенография и гамма-сканирование на основе бета-ионов. В соответствии со СНиП «Требования к обеспечению радиационной безопасности при обращении с лучевыми досмотровыми установками», вступившими в действие с 1.03.2016, радиационная защита персонала при работе с рентгеновскими установками должна обеспечиваться конструктивно и иметь блокировку, включающуюся при превышении норм облучения. Включение установки должно сопровождаться звуковой и (или) световой сигнализацией. Помещения с оборудованием должны быть оснащены системами непрерывного контроля радиационной обстановки, техническими средствами по ограничению доступа в них посторонних лиц, а на дверях помещения должен находиться знак радиационной опасности.

К работе допускаются только специально обученные сотрудники, прошедшие инструктаж. Мощность дозы рентгеновского излучения в 0,1 м от поверхности рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров, оснащенных радиационной защитой, не должна превышать 2,5 мкЗв/час. Технический осмотр установки должен проводиться не реже одного раза в месяц, а один раз в год ее необходимо подвергать техническому осмотру и проверке обеспечения требований электробезопасности и радиационной безопасности в присутствии представителей службы радиационной безопасности и службы охраны труда и техники безопасности организации. Все результаты осмотров должны оформляться специальным актом.

Открытыми источниками ультрафиолетового излучения являются в основном приборы определения подлинности ценных бумаг, документов, валюты. В соответствии со СНиП «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на работников производственных источников ультрафиолетового излучения» (постановление Минздрава РФ №198 от 14.12.2012) необходимо раз в год проводить контроль уровня поверхностной плотности потока ультрафиолетового излучения (интенсивность излучения в спектрах «А», «В» и «С»). Сотрудники должны пользоваться средствами индивидуальной защиты, помещения, где используют приборы-источники ультрафиолета, должны быть обозначены знаками, доступ к оборудованию предоставляется только лицам, обслуживающим его. Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работников при наличии незащищенных участков поверхности кожи площадью не более 0,2 м² (лицо, шея, кисти рук и другое), периода

облучения до 5 минут, длительности пауз между ними не менее 30 минут и общей продолжительности воздействия за смену до 60 минут не должна превышать $50,0 \text{ Вт/м}^2$ – для спектра ультрафиолетового облучения «А»; $0,05 \text{ Вт/м}^2$ – для спектра ультрафиолетового облучения «В»; $0,01 \text{ Вт/м}^2$ – для спектра ультрафиолетового облучения «С».

Лазерное излучение продуцируют всевозможные сканеры – как для документов, так и для контроля перевозимых грузов. Дозиметрический контроль лазерного оборудования проводится в соответствии с регламентом, утвержденным администрацией организации, но не реже одного раза в год. К эксплуатации лазерных изделий II – IV класса приказом руководителя допускается сотрудник, прошедший специальное обучение безопасным методам и приемам работы, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда, и отвечающий за обеспечение безопасных условий работы. Безопасность при работе с открытыми лазерными изделиями обеспечивается путем применения средств индивидуальной защиты. На рабочем месте должна находиться инструкция по технике безопасности для работающих на лазерном изделии, аптечку и инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшему.

Таким образом, в данной работе рассмотрены известные технические средства таможенного контроля, проведены их анализ и классификация с точки зрения наиболее распространенных вредных и опасных физических факторов, продуцируемых этими приборами, рассмотрены вопросы охраны труда при работе с ними.

УДК 331.442

Психофизиологические вредные и опасные производственные факторы при работе в таможенных органах

Студенты гр. 10806112 Корчевская Д.И., Дереченик Т.А.
Научный руководитель – Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Таможенные органы Республики Беларусь являются правоохранительными органами и ведут борьбу с контрабандой, административными таможенными правонарушениями, пресечением незаконного оборота оружия, предметов художественного, исторического и археологического достояния Республики Беларусь через таможенную границу Республики Беларусь.

Напряженные условия труда, монотонность, статические нагрузки и работа в фиксированной позе, гиподинамия, постоянная напряженность внимания и анализаторских функций – внешние факторы, высокая личная ответственность, эстетический и психофизиологический дискомфорт – вот неполный перечень психофизиологических факторов, действующих на сотрудника таможни. Их можно разделить на две группы: физические, вызванные длительным нахождением в вынужденной рабочей позе или большой частотой одинаковых повторяющихся движений (статические и динамические перегрузки), и нервно-психические, вызываемые информационной перегрузкой и недостатком времени для ее переработки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Инспекторы отделов таможенных платежей, таможенной статистики, отдела анализа и контроля таможенных процедур и других отделов при работе за компьютером, подвергаются статическим перегрузкам: постоянная работа сидя с наклоненной головой и наклоненным туловищем, статическое напряжение в шейном и плечевом поясе, пояснично-крестцовом отделе позвоночника, значительное количество мышц ног, плеч, шеи и рук находятся долгое время в сокращенном состоянии и не расслабляются, что ухудшает кровообращение. Такая гиподинамия может привести к нарушению функций кровообращения, дыхания, пищеварения, заболеваниям опорно-двигательного аппарата. В качестве профилактики необходимо обеспечить возможность изменения рабочей позы, рациональный режим труда и отдыха с регулярными перерывами и проведением производственной гимнастики.

Сотрудники таможни, работающие с электронно-вычислительной техникой, видео-дисплейными терминалами, сканерами и другой техникой, подвержены воздействию такого фактора, как монотонность работы, причем как за счет многократно повторяющихся движений, так и вызванная однообразием восприятия однотипной информации. На работников таможенных пунктов пропуска, выполняющих таможенный контроль и проверку товаросопроводительных документов, также действуют такие факторы, как умственно-эмоциональное перенапряжение и монотонность труда. Это происходит в связи с необходимостью за наименьший период времени пропустить через таможенную границу как можно большее количество автотранспортных средств, при этом обеспечить все виды таможенного контроля, не допустить ввоза/вывоза запрещенных, ограниченных или незаконных товаров. Для уменьшения воздействия этих факторов необходимо периодически переводить работающих на другой тип работы, обеспечить оптимальный режим труда и отдыха с учетом графика работы и физиологических возможностей организма. Автоматизация многих процессов проверки, создание баз данных также снижает вероятность ошибочных решений и уменьшает количество анализируемой информации, снижает напряженность внимания.

Сотрудники таможни работают с людьми, и часто возникает большое количество спорных и конфликтных ситуаций, шантаж, подкуп таможенников, психологическое давление, что приводит к стрессам, эмоциональной усталости, снижает работоспособность, приводит к рассеянности, ухудшению памяти. В связи с такими условиями труда, на службу в таможенные органы принимают сотрудников, способных по своим личным, моральным и деловым качествам и состоянию здоровья выполнять должностные функции. Для определения годности по состоянию здоровья к службе должен проводиться обязательный предварительный медицинский осмотр. Также проводится специальная проверка, порядок которой устанавливается Государственным таможенным комитетом.

Для создания комфортной обстановки и обеспечения условий, обеспечивающих максимальную концентрацию и работоспособность сотрудника, на рабочем месте сотрудника таможенной службы должны быть созданы оптимальные микроклиматические условия в соответствии с категорией работы сотрудника. Для уменьшения и компенсации влияния вышеописанных факторов на здоровье сотрудника законодательством Республики Беларусь предусмотрены следующие социальные гарантии: трудовой отпуск продолжительностью 28 календарных дней (после 5 и 10 лет службы дополнительно увеличивается на 2 и 4 календарных дня соответственно); выплата ежемесячной надбавки за выслугу лет при наличии стажа государственной службы: от 0,5 года до 3 лет – в размере 10%, от 3 до 8 лет – в размере 15%, от 8 до 15 – в размере 20%, от 15 до 20 лет – в размере 25%, свыше 20 лет – в размере 30% расчетного должностного оклада; выходное пособие в размере трех среднемесячных заработных плат при выходе в отставку (наличие стажа работы для мужчин не менее 30 лет, для женщин – не менее 25 лет, в том числе стажа государственной службы не менее 20 лет.

УДК 621.3:331

Пожарная безопасность энергетических объектов

Студенты: гр. 10603212 Сеньковец В.В., Захаркевич В.П.,
гр. 10603112 Шевчук А.И., Моисеенкова Е.В.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При возникновении пожара на энергетических объектах работник, обнаруживший загорание должен немедленно сообщить о возникновении пожара по внутренней связи в подразделение по чрезвычайным ситуациям объекта и старшему дежурному работнику в смене, по-

сле чего приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения, соблюдая при этом правила техники безопасности.

При возникновении пожара на турбогенераторе необходимо немедленно принять меры по охлаждению металлических ферм перекрытия машинного зала, расположенных над местом пожара, при помощи компактных водяных струй от стволов, подключенных к пожарным кранам, или лафетных пожарных стволов.

При выходе их строя системы подачи масла на уплотнения генератора (синхронного компенсатора) следует немедленно отключить турбогенератор (синхронный компенсатор) и перевести его на охлаждение углекислотой с избыточным давлением 0,05 Мпа (0,5 кгс/м²).

Для тушения разлившегося турбинного масла вследствие нарушения уплотнений подшипников, фланцевых соединений трубопроводов маслосистемы и горения кабельных линий у турбогенераторов (синхронных компенсаторов) следует применять распыленную воду от пожарных кранов, а также порошковые огнетушители, соблюдая требования правил техники безопасности.

При загорании водорода в помещении электролизной наряду с общими мерами по ликвидации загорания (сбивание пламени струей инертного газа, наложение негорючих материалов) необходимо немедленно отключить установку, закрыть задвижки на трубопроводах, ведущих к ресиверам водорода, снизить давление в системе до 0,05 Мпа (0,5 кгс/см²) и подать в установку азот.

При загорании водорода на газовом посту турбогенератора (синхронного компенсатора) из-за утечки газа необходимо отключить неисправный участок трубопровода от электролизной установки и от генератора (синхронного компенсатора) и потушить пожар с использованием углекислотных огнетушителей и др.

При пожаре на маслосистеме турбогенератора тепловой электростанции с угрозой его распространения на маслбак необходимо принять меры по сливу масла в аварийную емкость или включить стационарную установку орошения маслобака (при ее наличии).

При загорании электродвигателей необходимо отключить их от электросети и тушить обычными методами. При невозможности снятия напряжения тушение пожара проводится под напряжением порошковыми (до 1 кВ или до напряжения, указанного заводом-изготовителем), углекислотными (до 10 кВ) огнетушителями или содой с соблюдением требований правил техники безопасности и минимально допустимых расстояний.

Во время развившегося пожара на трансформаторе необходимо защищать от действия высокой температуры водяными струями порталы, металлические опоры, соседние трансформаторы и другое оборудование, при этом в зоне действия водяных струй с ближайшего оборудования и распределительных устройств должно быть снято напряжение и они должны быть заземлены.

При внутреннем повреждении трансформатора (реактора) с выбросом масла через выхлопную трубу или через разъемы (срез болтов и деформация фланца разъема) и возникновением пожара внутри трансформатора (реактора) следует вводить средства тушения пожара внутрь трансформатора (реактора) через верхние люки и при возможности через деформированный разъем.

Решение о сливе масла принимает руководитель тушения пожара.

При аварии трансформатора (реактора) с возникновением пожара он должен быть отключен от сети со всех сторон и заземлен.

При пожаре в силовых, измерительных маслонаполненных трансформаторах, дугогасящих и шунтирующих реакторах необходимо немедленно отключить их коммутационными аппаратами от шин распределительных устройств; если они не отключились устройствами релейной защиты, отключить соответствующие выключатели и разъединители, заземлить ошиновку присоединений, отключить системы воздушного и масляного охлаждения вышеуказанного оборудования. При необходимости отключить и заземлить близки расположенные токоведущие части других присоединений.

После снятия напряжения с трансформатора необходимо приступить к тушению пожара на нем с использованием воды, углекислотных, воздушно-пенных или порошковых огнетушителей.

Тушение разлившегося трансформаторного масла необходимо проводить тонкораспыленной водой, песком, воздушно-механической пеной или порошковыми составами.

При повреждении элементов силового или иного трансформатора внутри бака с последующим выбросом масла через дыхательную арматуру (клапан), верхнее или нижнее фланцевое соединение (при срезе стяжных болтов, деформации бака, радиаторов) следует вводить при возможности средства пожаротушения внутри бака через образовавшиеся отверстия.

При пожаре на крышке бака силового трансформатора без повреждения его элементов следует:

- выполнить необходимые отключения коммутационных аппаратов;

- при возможности перекрыть задвижку на трубе между расширителем и баком трансформатора с учетом допустимой для человека температуры. При этом запрещается сливать масло из корпуса трансформатора, так как это может привести к распространению пламени на его обмотку;

- при невозможности ликвидировать пожар без слива масла необходимо спустить его из расширителя в дренажное устройство, если есть полная уверенность, что зона горения не увеличится из-за плохого поглощения масла дренажным устройством, особенно в осенне-зимний период.

Тушение пожаров в кабельных сооружениях (туннелях, каналах, этажах и полуэтажах, шахтах) проводится в порядке, указанном в соответствующих оперативных карточках по тушению, при помощи стационарной системы водяного или пенного пожаротушения, а также путем применения других огнетушащих средств: углекислотных, порошковых, аэрозольных составов, воды, песка, асбестового полотна и т.п. Способ тушения пожара выбирается в зависимости от места возникновения, площади, объема и распространения пожара с соблюдением требований правил техники безопасности.

Одновременно с тушением пожара дежурный персонал организации (энергообъекта) должен принять меры по немедленному отключению коммутационными аппаратами электрических кабелей, находящихся в зоне пожара, в первую очередь кабелей более высокого напряжения (110, 35 кВ и ниже) с последующим тушением.

Тушение пожаров ручными средствами пожаротушения в кабельных сооружениях и помещениях при видимости менее 5 м без снятия напряжения с токоведущих частей электроустановок и нахождения в них работников запрещается в целях предотвращения травмирования электрическим током.

УДК 631.4

Проблемы обеспечения производственной безопасности при использовании агрохимикатов и пестицидов в тепличном хозяйстве

Студент гр. 10ОТ Бабойть И.А.

Научный руководитель – Абметко О.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск

Анализ условий труда в тепличном растениеводстве показывает, что заболеваемость и травматизм работников данной отрасли занимает одно из ведущих мест среди других профессий работников сельского хозяйства. Одной из основных причин такого положения является использование различных и агрохимикатов и пестицидов.

Работающие с пестицидами подвергаются хроническому прерывистому химическому воздействию при поступлении действующих веществ через органы дыхания и кожу. Из всех

возможных путей поступления пестицидов в организм реальную опасность для работающих представляют ингаляционный и дермальный. В структуре заболеваемости с временной утратой трудоспособности основной удельный вес приходится на заболевания органов дыхания, нервной системы и органов чувств, кожи и подкожной клетчатки, мочеполовых органов и системы кровообращения. Среди частых причин временной нетрудоспособности следует выделить аллергические заболевания (дерматозы, бронхиальная астма, астмоидный бронхит).

Заболевания верхних дыхательных путей, органов зрения, слизистых вульвы и влагалища связаны в основном с местным раздражающим действием химических веществ. К довольно частым формам патологии у работниц теплиц относятся дерматозы, которые обусловлены влиянием пестицидов. Наблюдается также раздражение и сенсибилизация кожи пылью, соком выращиваемых растений, повреждаем при уходе или уборке урожая

Пестициды и продукты их распада находятся на растениях, оборудовании и строительных конструкциях, в воздухе и почве. Зачастую, для эффективной обработки в теплицах применяются высокие расходы пестицидов: 4-6 килограммов на гектар при текущих и 10-20 кг/га при заключительных обработках во время смены культур с кратностью обработок 2-4 раза в месяц. При обработке растений используются в комплексе по три и более препаратов, свыше 50% из них обладают кожно-резорбтивной активностью, 36% относятся к фосфоорганическим соединениям. Среди применяемых препаратов до 60% приходятся на высоко- и сильнотоксичные соединения (2-го и 3-го класса опасности), способные вызвать изменение реактивности организма. Определенную роль при этом играют условия, способствующие проникновению пестицидов: мацерация кожи при длительном контакте с водой во время работы в резиновых перчатках и обуви, трещины, ссадины, усиление потоотделения и нарушение техники безопасности.

Отличительной чертой применения пестицидов является также и тот фактор, что использование их идет на фоне повышенного температурно-влажностного режима с минимальным воздухообменом, причем содержание их в воздухе рабочей зоны нередко превышает в несколько раз гигиенические нормативы. Неблагоприятные микроклиматические условия - повышенная температура и относительная влажность при минимальной подвижности воздуха в соответствии с технологическими требованиями также усиливают всасывающую способность кожи, увеличивают проникновение токсических веществ в организм, определяя ведущую роль кожно-резорбтивного действия и возможного развития интоксикации.

Последствия влияния пестицидов на здоровье работников нередко проявляются спустя длительное время. В воздухе рабочей зоны теплиц пестициды находятся не только во время обработки, но и в течение последующих 2-3 суток. На поверхности растений (стебли, листья, цветы, плоды), оборудовании действующие вещества или их метаболиты могут обнаруживаться в течение 5-7 дней.

Вследствие герметичности теплиц, слабой циркуляции воздуха в них, интенсивного испарения распыленных пестицидов последние длительно удерживаются в воздухе рабочей зоны и загрязняют растения. При этом существует реальная опасность повторного поступления вредных веществ в воздух рабочей зоны и, что особенно важно, загрязнения кожи работающих во время проведения работ, фактически не связанных с контактом с пестицидами: прополка, обломка, подвязка, окучивание и другие.

Эта опасность увеличивается в связи с тем, что при обработке пестицидами растений работающие не пользуются в полной мере средствами индивидуальной защиты органов дыхания, кожных покровов, при выполнении вышеназванных операций, как правило, органы дыхания, кожа рук не защищаются, не всегда используется спецодежда, необходимая для работ в теплицах.

Неблагоприятными этапами с гигиенических позиций являются: проведение протравливания семян и луковиц, фумигация теплиц и осуществление заключительной обработки (химический «обжиг» растений и дезинфекция помещений) разнонаправленного действия в комплексе с дезинфицирующими средствами.

Для снижения и предупреждения негативного воздействия пестицидов на работающих необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

1) применение пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений в условиях защищенного грунта должно осуществляться в соответствии с санитарными нормами и правилами;

2) ассортимент применяемых пестицидов на современных тепличных комбинатах должен соответствовать «Государственному реестру средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» на текущий год;

3) использование пестицидов и сроки возобновления работ после химической обработки растений необходимо осуществлять в соответствии с рекомендациями, указанными на тарных этикетках и (или) в сопроводительных рекомендациях по применению конкретных видов пестицидов;

4) регламентированные сроки возобновления в теплицах работ после обработок растений- с учетом вторичного загрязнения воздуха рабочей зоны теплиц при встряхивании растений в процессе технологических операций; сроки выхода должны быть не менее 24 часов;

5) приготовление и подача растворов пестицидов для обработки растений должны быть механизированы и иметь централизованную систему;

6) при обработке растений необходимо строго соблюдать установленные продолжительность, кратность, нормы расхода и концентрации рабочих растворов пестицидов, применять средства индивидуальной защиты в полном объеме;

7) персонал, должен иметь медицинскую книжку, пройти курсовое обучение по правилам безопасности работ с пестицидами и инструктаж на рабочих местах;

8) регулярно проводить предварительные и периодические медицинские осмотры работников;

9) организовывать рациональное лечебное питание для работников тепличного комбината с включением в рацион продуктов, обладающих антиоксидантным действием, а также энтеросорбентов;

10) обеспечить продолжительность рабочей смены в соответствии с законодательством;

11) ограничить использование в теплицах летучих и высокотоксичных препаратов (1-2-й классы гигиенической классификации пестицидов).

УДК 631.3

Пути повышения безопасности шиномонтажных работ при обслуживании сельскохозяйственной техники

Студент гр. 90Т Мандра Э.Г.

Научный руководитель – Молош Т.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск

Несмотря на принимаемые меры по профилактике травматизма, в организациях республики регистрируются случаи производственного травматизма с тяжелыми последствиями при выполнении шиномонтажных работ. Как показывает анализ состояния производственного травматизма при проведении шиномонтажных работ, наибольшее их количество приходится на сельскохозяйственные организации. Распространенными причинами, приведшими к травмированию работников, явилось нарушение потерпевшими трудовой и производственной дисциплины (31% от общего количества установленных причин) и невыполнение руководителями обязанностей по охране труда. В результате мониторинга причин травматизма при выполнении шиномонтажных работ в сельском хозяйстве установлено, что они носят организационный характер и являются следствием

неисполнения нанимателями обязанностей по обеспечению охраны труда в соответствии с требованиями законодательства, контроля состояния трудовой и производственной дисциплины.

Несчастные случаи при шиномонтажных работах тракторов и сельскохозяйственных машин происходят обычно при срыве запорного кольца, разрыве шины во время накачивания воздухом, перекачке колес вручную. Травмы с тяжелыми последствиями (черепно-мозговая, ушиб мозга, переломы и др.) для работающих являлись результатом подкачки колеса вне специального металлического ограждения (клетки), разрушения конструкции колеса при попытке его снятия без предварительного выпуска воздуха из шины. Одна из основных причин это отсутствие шиномонтажного отделения (поста) и квалифицированных работников.

Для обеспечения производственной безопасности следует рассматривать следующие опасные и вредные факторы, которые могут возникать в процессе выполнения шиномонтажных работ: движущиеся машины и механизмы; падающие предметы (отлетающие осколки); опасный уровень напряжения электроцепи; повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны; повышенная температура поверхности оборудования и материалов; недостаточный уровень освещенности рабочей зоны; разрушающиеся конструкции; повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; загрязнение химическими веществами.

Шиномонтажные работы должны выполняться в соответствии с производственной инструкцией по охране труда для работников, занятых монтажом и демонтажом колес, ремонтом камер и покрышек. Перед вывешиванием трактора, сельскохозяйственной машины для снятия колеса следует установить машину на ровной горизонтальной площадке, затормозить ее, подложить под вывешиваемые колеса деревянные клинья или металлические упоры, ослабить крепление гаек (болтов) колеса. После выполнения этих операций вывесить колесо домкратом, отвинтить гайки или болты и снять его. При использовании домкрата опорная поверхность его головки должна исключать возможность соскальзывания поднимаемого груза. Состояние домкратов, режим их работы и обслуживание должны соответствовать требованиям заводских инструкций.

Для подъема и перемещения грузом применяются только исправные домкраты, которые необходимо осматривать перед началом работы. При осмотре реечных и винтовых домкратов следует убедиться в исправности зубьев, шестерен и рейки, разьбы винта, храповика, собачек, трещетки, отсутствии трещин, обломанных частей и заусенцев на корпусе домкрата и тормозного устройства у реечных домкратов. Гидравлические домкраты должны иметь плотные соединения, исключающие утечку жидкости из рабочих цилиндров во время подъема и опускания груза. При осмотре гидравлического домкрата необходимо проверить состояние корпуса, манжет и прокладок. Перед демонтажом шины следует полностью выпустить из нее воздух. Не производится демонтаж шин, в которых давление воздуха выше давления окружающей среды.

Для отделения борта покрышки с обода в стационарных условиях используется специальное оборудование, а в полевых условиях эту операцию выполняют с помощью монтажных лопаток. В особых условиях покрышку следует положить под трактор или сельхозмашину со стороны, противоположной вентилю, установить домкрат и поднимать им сельхозтехнику. При этом опасными могут быть действия, связанные с выбиванием дисков колес и отделением борта покрышки от обода с помощью кувалды или молотка.

Шины ремонтируются в изолированном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией, отверстия труб которой должны располагаться на высоте 300 – 400 мм от пола или непосредственно у источника образования паров бензина. Над местом, где приготавливают клей и накладывают заплату, устанавливают вытяжной зонт. Работая на шероховальном станке, следует обращать особое внимание на состояние шероховального камня, его крепление и ограждение. На этих работах обязательно применение защитных

очков. Шиномонтажное отделение относится к пожароопасным участка, поэтому отопление делают только водяное или паровое. Силовое и другое электрооборудование выполняется во взрывобезопасном исполнении. Перед монтажом следует проверить комплектность шины и обода. Их обозначение, типы и размеры должны соответствовать указанным в руководстве по эксплуатации машины данной модели.

Накачивание шин должно производиться в специально отведенном помещении с ограждением, способным защитить обслуживающий персонал от ударов деталей колеса. При использовании для накачивания шин компрессорной установки с электроприводом следует осмотреть электрические аппараты, манометры, рубильники, контакторы, исправность изоляции кабелей и проводов, наличие заземления и СИЗ (электроизолирующие перчатки, коврики и инструменты).

Выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственных техники в организациях агропромышленного комплекса должно быть в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. С целью предупреждения травматизма следует не допускать работников, не имеющих соответствующей квалификации, не прошедших обучение, проверку знаний и инструктаж по охране труда к шиномонтажным работам; монтаж и демонтаж шин проводить только в приспособленных для этих работ помещениях с применением специального оборудования, приспособлений и инструмента; не допускать накачивание шин в сборе с ободом вне специального металлического ограждения, способного защитить обслуживающий персонал от ударов съемными деталями обода. При отсутствии в организациях шиномонтажных постов(отделений), а также работников соответствующей квалификации осуществлять такие работы только в специализированных организациях.

УДК 658.382

Профессиональная заболеваемость литейщиков

Студенты гр. 104311 Кисько В.М., Титовец А.С.
Научный руководитель – Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для выявления последствий и установления закономерностей воздействия условий труда на литейщиков были проведены исследования профессиональной заболеваемости работающих в литейных цехах (сталелитейных, чугунолитейных и цветного литья). Специфическое воздействие отдельных производственных факторов на организм работающих в литейном производстве находит отражение в случаях профессиональной заболеваемости. Анализ заболеваемости проводился по данным карт учета профзаболеваний и результатам периодических медицинских осмотров.

Изучение состояния профессиональной заболеваемости в литейных цехах показало, что наиболее распространенными среди литейщиков являются заболевания от воздействия пыли (силикоз и пылевой бронхит), вибрации (вибрационная болезнь), шума (кохлеарный неврит слухового органа). При этом на работающих в литейных цехах приходится 54,3 % заболеваний вибрационной болезнью, 49,4 % кохлеарным невритом слухового органа, 87,8 % силикозом и 76,1 % пылевым бронхитом от общего количества аналогичных профессиональных заболеваний на машиностроительных предприятиях.

Анализ распределения профзаболеваний в литейных цехах показывает, что заболеваемость кохлеарным невритом слухового органа, вибрационной болезнью и пылевой патологией в литейных цехах представляет серьезную проблему. При этом следует отметить, что пылевая патология литейщиков составляет около 83 % всех случаев пылевой патологии,

кохлеарный неврит слухового органа около 46 %, а вибрационная болезнь – более 50 % всей вибрационной патологии в машиностроении.

Более высокий процент случаев заболеваний силикозом и пылевым бронхитом объясняется значительным применением ручного инструмента на обрубочных и зачистных работах, техническим состоянием оборудования и низкой эффективностью приточно-вытяжных вентиляционных систем, особенно для локального улавливания и удаления пыли на рабочих местах стерженщиков, формовщиков, обрубщиков, чистильщиков литья и ремонтников. Кроме того на данных рабочих местах отмечаются высокие концентрации кварцсодержащей пыли, в среднем порядка 12–28 мг/м³, а содержание в пыли кремнезема, определяющего силикоопасность её, составляет от 59 до 78%. Напряженная тепловая обстановка в цехах способствует большей степени воздействия пыли на организм человека и приводит к повышению уровня заболеваемости.

Сравнение распределения заболеваемости силикозом и пылевым бронхитом у работающих в цехах чугунного и стального литья показало, что в цехах стального литья силикоз и пылевой бронхит развивается чаще. Это объясняется более высокой агрессивностью пыли в цехах стального литья, так как под воздействием высоких температур кремнезем переходит в модификацию кристобалит и тридимит, которые обладают более выраженной фиброгенностью.

Наиболее высокий коэффициент заболеваемости невритом слухового органа в литейных цехах приходится на профессии обрубщиков, формовщиков, плавильщиков и чистильщиков литья. Однако группа ремонтников имеет наиболее высокий коэффициент заболеваемости, так как им приходится непосредственно контактировать с шумным оборудованием.

В литейных цехах наблюдается значительное количество заболеваний вибрационной патологии. Данное положение можно объяснить тем, что в цехах работающие с ручным вибрационным инструментом (особенно обрубщики и чистильщики литья) кроме больших физических нагрузок, выполняют работы в вынужденных напряженных позах, подвергаются кроме того большим тепловым нагрузкам и охлаждающему микроклимату, что способствует развитию виброболезни.

При анализе экспериментальных данных замечено, что наиболее неблагоприятной является профессия обрубщика. На долю виброболезни приходится около 17 % всех случаев заболеваний обрубщиков. Остальные приходятся на пылевой бронхит (36 %), силикоз (15 %) и неврит слухового органа (32 %). Кроме того в группе обрубщиков зарегистрированы самые короткие сроки развития вибрационной болезни (8,6 лет), неврита слухового органа (14,7 лет) и силикоза (16,3 лет), что подтверждает значительное влияние условий труда на работающих.

По вибрационной болезни значительные показатели регистрируются в группе наждачников (24 % от всех заболеваний наждачников). Это связано не только с высокими уровнями вибрации, воздействующими на рабочих этой группы, но и с ее спектральными характеристиками (вибрации средне- и высокочастотного диапазонов). Следует также отметить, что в этих профессиональных группах воздействие вибрации сочетается со значительными физическими усилиями при выполнении технологических операций, что существенно усугубляет ее неблагоприятное воздействие. В группах обрубщиков и наждачников выявляются высокие показатели заболеваемости и короткие сроки развития кохлеарного неврита, являющегося следствием воздействия на работающих интенсивной вибрации в сочетании со значительными физическими усилиями, а также шума. Заболеваемость силикозом и пылевым бронхитом в группах обрубщиков и наждачников также весьма высокая из-за повышенного пригара, приводящего к образованию мелких фракций кремнезема.

В группе формовщиков 42 % всех случаев профзаболеваний приходится на неврит слухового органа, 6,9 % на виброболезнь и 51,1 % на пылевые заболевания. Средние сроки развития заболеваний более продолжительные, что объясняется низкочастотными шумами и

вибрацией машин ударного действия, а также воздействием вибрации не на протяжении всей смены.

В структуру профзаболеваний стерженщиков входят пылевой бронхит (47 %), силикоз (21 %), неврит (27 %) и виброблезнь (5 %). В этой группе выявляются достаточно высокие показатели заболеваемости силикозом, что обуславливается значительным содержанием в пыли диоксида кремния (40–70%). В группе ремонтников случаи профзаболеваний распределяются следующим образом: пылевой бронхит – 44,9 %, силикоз – 8,7 %, кохлеарный неврит – 46,4 %.

Замечено, что часто заболевания пылевой этиологии сочетаются с вибрационной болезнью и невритом слухового органа. Сочетание профессиональных заболеваний у работающих в литейных цехах выявлено примерно в 5 % случаев. Причем чаще отмечается сочетание кохлеарного неврита с пылевым бронхитом (в 70 % случаев).

Особое внимание следует обратить на появление в списке работников, у которых выявлены профессиональные заболевания, инженерно-технических работников (мастер, начальник участка, технолог, контролер) со сроками развития болезней от 21 до 26 лет. Также обращено внимание на увеличение возраста работающих в литейных цехах, что говорит о непривлекательности данного производства для молодежи. У молодых работников профессиональные заболевания выявляются в возрасте 38–46 лет, что говорит о снижении сопротивляемости организма воздействию комплекса факторов производственной среды.

Проблему сохранения здоровья литейщиков необходимо решать комплексно с учетом всех факторов, определяющих условия труда, на основе модернизации литейного оборудования с учетом выявленных конструктивных недостатков, расширения сферы использования манипуляторов и роботов при выполнении тяжелых и опасных ручных операций, значительного улучшения условий труда, особенно работающих на формовочных, плавильно-заливочных и обрубочно-очистных участках, постоянного внимания организационным мероприятиям и строгого профессионального отбора работающих для литейного производства.

Профессиональная заболеваемость также ставит и экономические проблемы, поскольку наносит серьезный экономический ущерб предприятиям. Не менее значимыми являются экономические потери предприятий, вызванные «скрытой» профессиональной заболеваемостью работающих, что приводит к снижению производительности труда, способствуют росту числа травм, случаев инвалидности и заболеваемости с временной утратой трудоспособности, повышению текучести кадров.

УДК 331.45

Техника безопасности при изготовлении ювелирных цепочек

Студент гр. 11309112 Родичева М.Н.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Процесс изготовления ювелирных цепочек включает ряд инструментов и процедур, которые требуют соблюдения техники безопасности. Сначала нужно убедиться в том, что бы одежда работающего обязательно была сменной, так как возможны попадания на нее опилок, химикатов, пыли, а так же аккуратно заправленной и удобной. Необходимо в начале работы проверить исправность: предохранительных и защитных устройств, заземлений, приспособлений, рабочего и вспомогательного инструмента, верстака. При использовании ручных инструментов с заостренными концами, следует отметить, что на них должны обязательно иметься ручки. Так же не следует касаться руками острых и режущих частей инструмента; по окончании соответствующих работ убрать инструменты в ящики верстака.

При работе на прокатных вальцах нужно следить, чтобы халат и манжеты рукавов были тщательно застегнуты. Подавать металл к валкам необходимо только маленькими кусочками, при этом, установив зазор между валками и проверив исправность проектных вальцов на холостом ходу. А так же следует не отвлекаться от процесса прокатки и не допускать присутствия посторонних лиц в рабочей зоне, так как процесс паяния связан с выделением пыли, вредных паров цветных металлов и солей, которые, попадая в организм человека через дыхательные органы, пищевод или кожу, вызывают раздражение слизистой оболочки глаз, поражение кожи и отравление, то необходимо соблюдать правила безопасности:

- рабочее место паяльщика должно быть оборудовано местной вентиляцией;
- не допускается работа в загазованных помещениях;
- химикаты засыпать осторожно, малыми порциями, не допуская брызг.
- пользоваться только разведенной кислотой.

При разведении кислоты следует вливать в воду тонкой струей, непрерывно помешивая раствор. Запрещается лить воду в кислоту, так как при соединении воды с кислотой происходит сильная химическая реакция с выделением большого количества тепла. Даже при небольшом количестве воды, попадающей в кислоту, вода быстро нагревается и превращается в пар, что может привести к взрыву.

- работать электрическим паяльником, ручка которого должна быть сухой и не проводящей тока.

При полировании изделия необходимо держать его острыми гранями по ходу вращения круга. Подавать изделие к полировальному кругу необходимо при помощи приспособлений, надежно удерживающих изделие во время полировки. При этом важно расположить полируемые поверхности изделия относительно круга так, чтобы изделие не подхватывалось кругом. Так же необходимо следить за тем, чтобы ни допустить сильного нагрева изделия во избежание ожога рук. Все полировальные работы производить при включенной местной вытяжной вентиляционной системе. При отсутствии защитного экрана на полировальном станке работы производить в защитных очках.

При отбеливании нельзя допускать загрязнения отбеливателей и попадания в них инородных металлов. Так же не следует допускать попадания отбеливающих растворов на руки и одежду. Не следует опускать в отбеливатель полностью не остывшие детали и изделия, во избежание появления брызг. При погружении изделий в отбеливатель и извлечении их из него необходимо пользоваться специальным кислотостойким сетчатым ковшом или медными пинцетами. В случае необходимости работу выполнять в спецодежде (халате, рукавицах) и с применением средств индивидуальной защиты (очков, линз). Следует отметить, что тару с кислотами необходимо хранить в стеклянных бутылках с притертыми пробками или плетеных корзинах с мягкой прокладкой. В случае попадания (во время пользования) кислот на тело смыть водой и обратиться к врачу. После окончания работ (особенно перед приемом пищи) необходимо тщательно вымыть руки. Так же нужно обратить внимание на то, что все выполняемые операции должны быть проведены специалистом, советующей категории. А так же работник должен пройти инструктаж по ТБ.

УДК 658.382

Условия труда работающих с персональными компьютерами

Студенты гр. 104311 Шикуров О.М., Куприянова Л.И.
Научный руководитель – Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Работающие с персональными электронно-вычислительными машинами могут подвергаться воздействию различных опасных и вредных производственных факторов, основными

из которых являются: физические (уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового излучений, статического электричества, запыленности воздуха рабочей зоны; содержание положительных и отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны; температура, относительная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны; уровень шума технологического оборудования; освещенность рабочей зоны, уровень прямой и отраженной блескости, яркость светового потока, уровень пульсации светового потока), химические (содержание в воздухе рабочей зоны озона, оксида углерода, аммиака, фенола, формальдегида, полихлорированных фенилов), психофизиологические (напряжение зрения, памяти, внимания; длительное статическое напряжение; большой объем информации, обрабатываемой в единицу времени; монотонность труда; нерациональная организация рабочего места; эмоциональные перегрузки).

Один из наиболее существенных из них – воздействие электромагнитного поля (ЭМП), генерируемого составными элементами ПЭВМ – монитором, процессором, блоком питания. Электромагнитная обстановка на рабочем месте также формируется в результате электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц), источником которого являются линии электропередачи, трансформаторные подстанции, распределительные щиты, электропроводка.

На уровень ЭМП на рабочем месте влияет не только монитор, но и весь комплекс оборудования, установленного на рабочем месте, организация электропитания, устройство защитного заземления (зануления), режим работы ПЭВМ, наличие заземленного экрана и другие.

Анализ результатов проведенных исследований на 24 – 35 рабочих местах по каждому типу ПЭВМ показывает, что в целом параметры ЭМП и электростатического поля (ЭСП) не превышают предельно допустимых уровней. Однако имели место случаи, когда напряженность ЭМП по электрической составляющей превышала ПДУ (даже в несколько раз). Так зафиксированы превышения ПДУ по электрической составляющей на частоте 5 – 2000 Гц у мониторов SAMTRON, FLATRON, PHILIPS, INTEGRAL (ЖКИ), СТХ и ноутбуков; на частоте 2 – 400 кГц – у мониторов FLATRON, СТХ и ноутбуков. Превышений плотности магнитного потока на рабочих местах пользователей ПЭВМ практически не отмечалось.

Вышеуказанные превышения параметров ЭМП отмечались при организации рабочих мест с несоблюдением рекомендаций «Санитарных норм и правил «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» и Гигиенических нормативов «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», утвержденные постановлением МЗ РБ от 28.06.2013 г. № 59 и Межотраслевой типовой инструкцией по охране труда при работе с персональными компьютерами (фон проводов питающей сети при минимальном удалении от рабочего места, нахождение в непосредственной близости от розеток, использование удлинителей, отсутствие защитного заземления оборудования, расположение нескольких рабочих мест в небольших помещениях).

Площадь одного рабочего места для пользователей ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м². Минимальная площадь одного рабочего места для взрослых пользователей и обучающихся учреждений профессионально-технического, среднего специального и высшего образования с использованием ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ на базе ЭЛТ может составлять не менее 4,5 м² при условии отсутствия на рабочем месте периферийных устройств (принтер, сканер и другое) и продолжительности работы не более 4 часов в день. Площадь одного рабочего места для пользователей ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные и другое) должна составлять не менее 4,5 м². Результаты замеров ЭСП у экрана монитора показали величины не превышающие допустимых значений. Аналогичные результаты получены при замерах вблизи поверхности клавиатуры. Однако иногда фиксируются значения превышающие ПДУ, что можно объяснить накоплением пыли или загрязнением при длительной эксплуатации клавиатуры и несвоевременной чисткой ее. Поэтому следует чаще производить

профилактическую мойку и чистку оборудования с использованием специальных влажных салфеток, смоченных составом с антистатическим агентом.

Результаты проведенных исследований необходимо учитывать при выборе помещений для эксплуатации и разработке планировочных решений по организации рабочих мест пользователей ПЭВМ. Кроме того следует учитывать параметры микроклимата (температуру, влажность и скорость движения воздуха), освещенность рабочих поверхностей, уровень шума, содержание вредных химических веществ, уровни ионизации воздуха.

Измерения параметров микроклимата показали, что температура, влажность и скорость движения воздуха, интенсивность инфракрасного (теплового) излучения на рабочих местах, как правило, соответствовала оптимальным величинам. Однако, если в помещениях (в основном административных) окна были выполнены из ПВХ, температура воздуха на рабочих местах превышала допустимые особенно в холодный период года. Поэтому периодическое проветривание помещений следует проводить во всех производственных помещениях, где работают люди с компьютерами. Возможно применение в помещениях таких устройств, как ионизаторы и увлажнители воздуха.

Отмечается наличие в воздухе рабочей зоны указанных выше вредных веществ в количествах, не превышающих допустимые величины. При работе лазерных принтеров выделяется озон. Длительная работа компьютера приводит к снижению концентрации кислорода, повышению концентрации озона. Озон является сильным окислителем и концентрация его выше предельно допустимых величин может привести к неблагоприятным обменным реакциям организма, изменяя активность ряда ферментов, способствует нарушению зрения.

Источниками шума являются принтеры (лазерный, струйный, матричный), вентиляторы блока питания, шум клавиш при наборе информации и др. Превышений допустимых значений уровня шума, как правило, не наблюдалось, за исключением рабочих мест, на которых использовались АЦПУ, матричные принтеры и другое шумное оборудование. Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов.

При длительной работе за экраном ВДТ возникает напряжение зрительного аппарата. При неправильном выборе яркости и освещенности экрана, контрастности знаков, цветов знаков и фона, при наличии бликов на экране, дрожании и мелькании изображения работа на ВДТ приводит к зрительному утомлению, головным болям, раздражительности, нарушению сна, усталости и болезненному ощущению в глазах, пояснице, в области шеи, рук.

Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (желательно слева) и обеспечивался коэффициент естественной освещенности не ниже 1,5%. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк.

Схемы размещения рабочих мест должны учитывать расстояния между рабочими столами с видеомониторами, которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Выполнение многих операций при работе на ПЭВМ требует длительного статического напряжения мышц спины, шеи, рук, ног, что приводит к быстрому развитию утомления.

Указанные особенности работы зачастую усугубляются нерациональной высотой рабочей поверхности стола и сидения, отсутствием опорной спинки и подлокотников, неудобными углами сгибания в плечевом и локтевом суставах при выполнении рабочих движений, углом наклона головы, неудобным размещением документов, ВДТ и клавиатуры, неправильным углом наклона экрана, отсутствием пространства и подставки для ног.

Важное значение для предупреждения утомления работающих имеет также правильный выбор режима работы видеодисплейного терминала, применение защитных фильтров (с обязательным их заземлением), определение оптимальных и допустимых диапазонов визуальных эргономических параметров видеотерминала, использование светозащитных средств.

Совокупное воздействие на работающего с ПЭВМ всех вредных производственных факторов снижает общий биоэнергетический потенциал и сопротивляемость организма. Особенно их действие усиливается, если не соблюдается режим труда и отдыха, не проводится производственная гимнастика, витаминизация организма.

УДК 61:614.84

Технические средства противопожарной защиты

Студент гр. 11202113 Мажанова А.И.
Научный руководитель – Батыновская И.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технические средства противопожарной защиты – это системы автоматического обнаружения и тушения пожара, дымоудаления, оповещения, противопожарного водоснабжения, а также другие технические средства, предназначенные для защиты людей и материальных ценностей от пожара. Противопожарная защита предполагает комплекс организационных мероприятий, технических средств и сил, направленных на предотвращение возникновения, развития и обеспечение тушения пожара, а также на защиту людей и материальных ценностей от воздействия его опасных факторов.

Система пожарной сигнализации – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения факторов пожара, формирования, сбора, обработки, регистрации и передачи в заданном виде сигналов о пожаре, режимов работы системы, другой информации и, при необходимости, выдачи сигналов на управление техническими средствами противопожарной защиты, технологическим, электротехническим и другим оборудованием. Система пожарной сигнализации выполняет три основных функции:

- обнаружение пожара;
- передача сигнала о пожаре;
- выдача сигналов на управление другими техническими средствами.

Системы автоматического обнаружения пожара включают в себя системы пожарной сигнализации, автономные пожарные извещатели, термочувствительные элементы в спринклерах и в других технических средствах противопожарной защиты. Системы автоматического тушения пожара и пожарная сигнализация входят в пожарную автоматику.

Технические средства противопожарной защиты содержат:

- пожарную автоматику, состоящую из систем пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения;
- системы автоматического обнаружения пожара;
- системы дымоудаления;
- системы оповещения;
- системы противопожарного водоснабжения;
- другие технические средства, предназначенные для защиты людей и материальных ценностей от пожара.

Системы автоматического тушения пожара.

Автоматическими установками пожаротушения (АУП) называются установки пожаротушения, срабатывающие автоматически - при превышении контролируемым фактором или факторами пожара (температурой, дымом и др.) установленных пороговых значений в защищаемой зоне. Конструктивно автоматические установки пожаротушения состоят из резервуаров наполненных необходимым количеством огнетушащего состава, устройств управления и контроля, системы трубопроводов и насадок-распылителей. Установки пожаротушения осуществляют тушение пожара путем выпуска огнетушащих веществ.

Подразделяются системы автоматического пожаротушения, прежде всего, по используемому огнетушащему веществу: газовое пожаротушение (CO_2 , аргон, азот, фреоны); водяное пожаротушение (вода); пенное пожаротушение и водо-пенное пожаротушение (вода с пенообразователями); порошковое пожаротушение (порошки специального химического состава); аэрозольные системы пожаротушения (подобны порошкам, но частицы на порядок меньше по размерам); системы тонкодисперсной воды (тонкораспыленной воды).

Автоматические установки водяного пожаротушения. Водяное пожаротушение является наиболее распространенным для защиты зданий и помещений благодаря тому, что вода, используемая для тушения пожара, наиболее доступна и обладает хорошими охлаждающими свойствами. Помимо своей доступности водяные установки наименее сложные в проектировании и монтаже.

Автоматические установки пенного пожаротушения. Установки пенного пожаротушения отличаются от водяных устройствами для получения пены (оросители, пеногенераторы), а также наличием в установке пенообразователя и системы его дозирования. Остальные элементы и узлы по устройству аналогичны установкам водяного пожаротушения. Выбор дозирующего устройства в установках пенного пожаротушения осуществляется в зависимости от конкретных особенностей защищаемого объекта, системы водоснабжения, типа установки (спринклерная или дренчерная). В настоящее время системы дозирования пенообразователя проектируют по двум основным схемам - с заранее приготовленным раствором пенообразователя и с дозированием пенообразователя в поток воды с помощью насоса-дозатора с дозирующей шайбой или с помощью эжектора-смесителя. В установках, требующих небольших объемов раствора пенообразователя, рационально иметь емкость с подготовленным раствором. В установках требующих больших расходов огнетушащего вещества, более целесообразно хранить концентрированный пенообразователь и воду отдельно и использовать для их смешения дозирующие устройства.

Автоматические установки газового пожаротушения. По способу тушения автоматические установки газового пожаротушения делятся на установки объемного и локального пожаротушения. При объемном пожаротушении огнетушащее вещество распределяется равномерно и создается огнетушащая концентрация во всем объеме помещения. Способ локального тушения основан на концентрации огнетушащего вещества в опасном пространственном участке помещения и применяется для тушения пожаров отдельных агрегатов и оборудования. Установки локального тушения аналогичны устройству установки объемного тушения, но разводка их распределительных трубопроводов выполняется не по всему помещению, а непосредственно над пожароопасным оборудованием. В установках газового пожаротушения, применяются следующие газовые огнетушащие вещества: двуокись углерода (CO_2); хладон; азот (N_2); аргон (Ar).

Автоматические установки порошкового пожаротушения. Порошковое пожаротушение получило очень широкое применение в мировой практике и в настоящий момент 80% огнетушителей являются порошковыми. К достоинствам порошков относится высокая огнетушащая способность, универсальность, способность тушить электрооборудование под напряжением, значительный температурный предел применения, отсутствие токсичности, относительная долговечность по сравнению с другими огнетушащими веществами, простота утилизации. Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками, которые препятствуют комкованию и слеживаемости порошка.

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения. В качестве огнетушащих веществ альтернативных хладонам достаточно широкое распространение получили твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы и автоматические установки аэрозольного пожаротушения на их основе. Автоматические установки аэрозольного пожаротушения – установки пожаротушения, в которых в качестве огнетушащего вещества используется аэрозоль, получаемый при горении аэрозолеобразующих составов. В состав аэрозоля входят инертные газы и высокодисперсные твердые частицы с величиной дисперсности не превы-

шающей 10 мкм. Основным элементом автоматических установок аэрозольного пожаротушения является генераторы огнетушащего аэрозоля различных модификаций. В их корпусе размещается заряд специального состава, выделяющий при горении аэрозолеобразующий огнетушащий состав, и пусковое устройство, служащее для приведения генератора огнетушащего аэрозоля в действие.

УДК 537.8.029

Электромагнитные излучения промышленной частоты 50 Гц

Студенты: гр.11305212 Скурат О.А., гр. 11305112 Барабанова А.Д.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве возмущение электромагнитного поля. Электромагнитные поля промышленной частоты представляют собой часть сверх низкочастотного диапазона радиочастотного спектра. Диапазон промышленной частоты в Беларуси представлен частотой 50 Гц.

Основными источниками электромагнитного излучения промышленной частоты, создаваемых в результате деятельности человека, являются различные типы производственного и бытового оборудования переменного тока. Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты определяется величиной наведения внутренних полей и электрических токов и их распределением в теле человека и животных.

Гигиеническая регламентация электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется отдельно для электрического и магнитного полей. Нормируемым параметром электрического поля является напряженность, магнитного поля - магнитная индукция и напряженность магнитного поля. Для оценки напряженности электромагнитных полей используются 2 типа приборов: направленного действия (однокоординатные) и оснащенные изотропными датчиками.

Защита персонала от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона достигается путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты. Способ защиты в каждом конкретном случае должен определяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.

В настоящее время на территории Республики Беларусь действуют следующие санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы:

– СанПиН от 12.06.2012 № 67 "Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц";

– ГН от 12.06.2012 № 67 "Предельно-допустимые уровни электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население".

СанПиН от 12.06.2012 № 67 устанавливает требования к нормируемым параметрам и проведению измерений электрических полей и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц (далее ЭП и МП 50 Гц). Оценка воздействия ЭП и МП 50 Гц на человека проводится на основании измерения суммарной интенсивности ЭП и МП 50 Гц по трем ортогональным осям (X, Y, Z). Базовые точки для проведения измерений уровней ЭП и МП 50 Гц должны располагаться в местах наиболее частого и длительного пребывания людей. Количество базовых точек должно быть не менее 3.

Измерения уровней ЭП и МП 50 Гц от внешних источников в помещениях жилых и общественных зданий должны проводиться на всех этажах со стороны, обращенной к источнику ЭП и МП 50 Гц. Климатические условия при проведении измерений уровней ЭП и МП

50 Гц (температура воздуха, относительная влажность воздуха, атмосферное давление) должны соответствовать условиям, указанным в инструкции к используемому средству измерения. На открытых территориях при наличии атмосферных осадков измерения уровней ЭП и МП 50 Гц не проводятся. Защита человека от неблагоприятного влияния ЭП и МП 50 Гц должна обеспечиваться соблюдением, в том числе, следующих санитарно-противоэпидемических мероприятий:

- при использовании электротехнических изделий бытового назначения, не контактирующих с человеком в процессе их эксплуатации (микроволновая печь, обогреватель, стиральная машина, кофеварка, чайник и другие), минимальное расстояние нахождения человека от этих изделий должно быть не менее 1,5 метра;

- при работе телевизионного приемника человек должен находиться от него на расстоянии не менее суммы 3-х размеров диагонали его экрана;

- телевизионные приемники и другая аудио- и видеоаппаратура при завершении эксплуатации должны полностью отключаться от электрической сети;

- рабочие места в помещениях общественных зданий должны располагаться на расстоянии не менее 0,35 м от розеток, скрытых в стенах электрической проводки и проводов, питающих различные электротехнические изделия бытового назначения;

- электротехнические изделия бытового назначения, предназначенные для подключения к трехпроводной электрической сети (электрическая вилка изделия имеет заземляющий контакт), должны быть включены в трехполюсные (с заземленной нейтралью) розетки.

В соответствии с ГН от 12.06.2012 № 67 действуют следующие предельно-допустимые уровни ЭП и МП 50 Гц при их воздействии на население, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно-допустимые уровни ЭП и МП 50 Гц при воздействии их на население

Место проведения измерения уровней электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц (помещение, территория)	Напряженность ЭП 50 Гц – Е, кВ/м	Интенсивность МП 50 Гц – Н, А/м (В, мкТл)
Жилые комнаты жилых зданий, помещения учреждений образования и организаций здравоохранения	0,5	4 (5)
Подсобные (нежилые) помещения жилых зданий, помещения общественных зданий	0,5	8 (10)
Территория жилой застройки	1	8 (10)
В населенных пунктах вне территории жилой застройки, в том числе в зоне воздушной линии электропередачи (далее – ВЛ) и кабельной линии (далее – КЛ) напряжением выше 1 кВ. При пребывании на территории прохождения ВЛ и КЛ лиц, не осуществляющих их эксплуатацию и обслуживание	5	16 (20)
На участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами I-IV категорий	10	80 (100)
За пределами населенных пунктов с эпизодическим пребыванием людей	15	80 (100)
На территории с труднодоступными местами для транспортных средств (сельскохозяйственных машин) и участками, специально оговоренными для исключения доступа людей	20	80 (100)

Студенты гр. 106412 Ивашко Е.В., Олизарович Е.А.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Все тепловые сети до ввода их в постоянную эксплуатацию подвергаются испытаниям на расчетную температуру теплоносителя, а также тепловым и гидравлическим испытаниям. А в период эксплуатации тепловые сети подвергаются ежегодным гидравлическим испытаниям для выявления дефектов после окончания отопительного сезона и после проведения ремонтных работ, испытаниям на расчетную температуру, испытаниям на тепловые потери и проверкам на наличие потенциала блуждающих токов.

Гидравлические испытания тепловых сетей осуществляются давлением 1,25 рабочего, но не менее 0,2МПа. Трубопроводы выдерживаются под пробным давлением не менее 10 мин. После снижения давления до рабочего производится тщательный осмотр трубопроводов по всей их длине. Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если во время их проведения не произошло падения давления и не обнаружено признаков течи или потения в сварных соединениях и основном металле, видимых остаточных деформаций, трещин или признаков разрыва. Для гидравлического испытания должна применяться вода с температурой ни ниже +5°C и не выше +40 °С. Гидравлические испытания трубопроводов должны производиться при плюсовой температуре окружающего воздуха.

Результаты гидравлических испытаний, испытаний на расчетную температуру, тепловые потери, проверок на наличие потенциала блуждающих токов оформляются соответствующими актами.

Трубопроводы тепловых сетей до пуска их в эксплуатацию после монтажа или капитального ремонта подвергаются продувке со сбросом пара в атмосферу, гидропневматической промывке и дезинфекции с последующей повторной промывкой питьевой водой.

При пуске водяных тепловых сетей необходимо выполнить следующие действия:

- заполнить трубопроводы сетевой водой;
- установить циркуляцию;
- проверить плотности сети;
- включить систему теплоснабжения и пусковую регулировку сети.

Для продувки паропроводов временные продувочные трубопроводы должны быть проложены свободно, с учетом тепловых удлинений, без передачи нерасчетных усилий на перекрытия и другие конструкции и не касаться деревянных конструкций во избежание их возгорания.

В период пуска ведутся наблюдения за наполнением и прогревом трубопроводов, состоянием запорной арматуры, сальниковых компенсаторов, дренажных устройств.

При пуске паровых систем предусматривается:

- прогрев и продувка паропроводов;
- заполнение и промывка конденсатопроводов;
- подключение системы теплоснабжения.

Для контроля за состоянием оборудования тепловых сетей и режимов их работы по графику производится обход тепловых сетей, тепловых пунктов, систем теплоснабжения. Частота обходов устанавливается в зависимости от типа оборудования и его состояния, но не реже одного раза в неделю. Выявленные при обходе дефекты заносятся в журнал учета дефектов и ремонтов и устраняются немедленно.

Для контроля гидравлического и температурного режимов тепловых сетей и теплоустановок не реже одного раза в сутки проверяют давление и температуру в узловых точках

сети с записью в журнале регистрации параметров теплоносителя и соответствия их заданным величинам.

Утечка теплоносителя из водяных тепловых сетей и подключенных к ним систем теплоснабжения не должна превышать в час 0,25 % объема воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах теплоснабжения. При утечке теплоносителя, превышающей установленные нормы, принимаются меры к обнаружению утечек и их устранению. Повышенная утечка теплоносителя определяется по увеличению разности расходов в подающем и обратном трубопроводах при установившемся тепловом режиме системы или по прибору учета расхода подпиточной воды.

Ревизия запорной арматуры проводится ежегодно. В закрытом положении запорная арматура обеспечивает полное перекрытие потока теплоносителя.

Доступ в тепловые камеры лиц, не обслуживающих данные тепловые сети, если это вызвано необходимостью ликвидации либо предотвращения аварийной ситуации, запрещается. Спуск в тепловые камеры осуществляется по стационарным металлическим лестницам и скобам-ступеням, расположенным непосредственно под люками. Перекрытия тепловых камер должны быть целыми и не допускать попадания внутрь камер ливневых и талых вод. Обходы (объезды) теплотрассы без спуска в подземные сооружения осуществляются группой, состоящей не менее чем из двух человек. Перед прогревом паропроводов при пуске тепловой сети дополнительно должны быть отключены конденсационные горшки.

Персонал, ведущий продувку дренажного штуцера, должен находиться на стороне, противоположной выходу дренируемого конденсата или пара, и выполнять эту работу в рукавицах.

В местах обслуживания временный трубопровод должен быть покрыт изоляцией. Опора концевой части грубы, выходящей за пределы здания, должна быть надежно закреплена. Место выхлопа должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы в опасной зоне не было персонала, механизмов и оборудования.

Места сброса водовоздушной смеси из промываемых трубопроводов ограждаются и не допускается приближения к ним посторонних лиц. Трубопроводы, из которых сбрасывается водовоздушная смесь, на всем протяжении надежно закрепляются.

Пребывание людей в камерах и проходных каналах промываемого участка тепловой сети в момент подачи воздуха в трубопроводы запрещается.

При выполнении испытаний на расчетную температуру от тепловой сети отключаются системы отопления детских и лечебных учреждений, системы отопления с непосредственным присоединением к тепловым сетям, открытые системы горячего водоснабжения, калориферные установки, а также неавтоматизированные закрытые системы горячего водоснабжения.

УДК 621.3:331

Тушение пожаров в электроустановках

Студенты гр. 10603212 Рухля Е.С., Карачун И.Д., Швед Г.А.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При возникновении пожара в электроустановке в организации (на объекте) работник, обнаруживший пожар должен немедленно сообщить о возникновении пожара по телефону 101 либо по внутренней связи в пожарное аварийно- спасательное подразделение по чрезвычайным ситуациям организации (объекта) и старшему дежурному работнику в смене, после чего приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения с соблюдением требований действующих правил и инструкций по охране труда.

Старший работник в смене обязан немедленно сообщить о возникновении пожара руководителям организации (объекта), а также дежурному диспетчеру энергоснабжающей организации (диспетчеру района или организации электросетей, производственного объединения или объединенного диспетчерского управления энергосистемы) по специальному списку.

Старший дежурный работник в смене лично или с привлечением подчиненного персонала обязан определить место возникновения пожара, возможные пути его распространения, оценить возможную опасность для обслуживающего или другого персонала, технологического оборудования, зданий и сооружений.

В случае угрозы жизни людей необходимо немедленно организовать эвакуацию всех работников, не участвующих в тушении пожара на объекте.

После определения места возникновения пожара старший дежурный работник в смене обязан выполнить следующие работы:

- лично или с привлечением дежурного персонала и других работников проверить включение автоматической установки пожаротушения (при ее наличии), а в случае отказа – задействовать ее в ручном режиме;

- принять меры по созданию безопасных условий персоналу объекта и работникам подразделений по чрезвычайным ситуациям для ликвидации пожара;

- выполнить необходимые операции на технологическом оборудовании (отключение оборудования, вытеснение водорода из корпуса генератора или синхронного компенсатора, снятие напряжения с электроустановок, слив масла из маслобака турбогенератора, закрытие задвижек и вентилей на трубопроводах);

- приступить к тушению пожара силами и средствами энергетического объекта (стационарными, передвижными, ручными) с соблюдением требований правил техники безопасности и инструкций по охране труда;

- направить работников, хорошо знающих расположение энергетического объекта, подъездных путей к нему и к водоисточникам, для встречи спасателей и выдачи им при необходимости электротехнических средств;

- при необходимости организовать и обеспечить охлаждение водой от пожарных кранов или стационарных лафетных стволов и системы орошения (при ее наличии) металлических ферм, перекрытий и колонн здания, сооружения, а также рядом расположенного оборудования и технологических сооружений с учетом требований правил по охране труда и инструкции;

- отключить или переключить присоединения в электроустановках, находящихся в зоне пожара. Эти операции выполняются старшим дежурным работником организации, объекта (начальником смены электростанции, цеха, котельной, производства, диспетчером электросети, дежурным подстанции) или по его распоряжению подчиненным дежурным персоналом (персоналом оперативно-выездной бригады или другими работниками) с последующим сообщением вышестоящему дежурному персоналу о проведенных переключениях.

До прибытия первого подразделения по чрезвычайным ситуациям руководит тушением пожара старший дежурный работник энергетического объекта (начальник смены электростанции, котельной, цеха, производства, дежурный подстанции) или руководитель организации (в случае отсутствия дежурного персонала).

В целях предотвращения электротравматизма спасателей, участвующих в тушении пожаров в электроустановках, и консультации РТП электротехнический персонал объекта должен выполнять обязанности допускающего и наблюдающего.

Основой безопасного тушения электроустановок над напряжением является неукоснительное соблюдение организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение техники безопасности, а также сознательная дисциплина спасателей, участвующих в тушении.

К тушению пожаров в электроустановках под напряжением РТП имеет право приступать только после получения соответствующего письменного допуска и инструктажа старшим из числа оперативного персонала объекта или оперативной выездной бригады.

При тушении пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением, необходимо соблюдать следующие обязательные условия:

- не допускается приближение спасателей к токоведущим частям электроустановок;
- маршруты движения на боевые позиции должны согласовываться РТП с дежурным персоналом энергообъекта и конкретно указываться каждому спасателю при инструктаже;
- спасатели и водители пожарных автомобилей, обеспечивающие подачу огнетушащих веществ, должны работать в элетрозщитных средствах (перчатках, ботах);
- подачу огнетушащих веществ необходимо производить после заземления ручных пожарных стволов и насос пожарных автомобилей;
- тушение пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением, ручными средствами при видимости менее 5 м и применении пожарных стволов с диаметром sprыска 13 мм запрещается;
- перестановка сил и средств, изменение боевых позиций должны выполняться РТП после согласования со старшим должностным лицом из числа инженерно-технического персонала энергетического объекта.

При загорании обмоток генератора или синхронного компенсатора, в пожарах в их магнитопроводах, а также при загорании или взрывах водорода в сливных маслопроводах и комплексных экранированных токопроводах в зоне выводов и в других частях генератора обслуживающий персонал обязан немедленно отключить их от сети с одновременным отключением автомата гашения поля и со стороны вакуума при обязательном непрерывном вращении его ротора после его отключения. Генератор или синхронный компенсатор немедленно переводится на охлаждение углекислотой при избыточном давлении 0,03 – 0,05 Мпа (0,3 – 0,5 кгс/см²) в его корпусе, в ошиновка заземляется.

УДК 331.41/43

Защита работающих от опасных и вредных производственных факторов

Студентка гр. 11101112 Чырдымова Д.А.

Научный руководитель – Яганова А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В соответствии с Системой Стандартов безопасности труда (ССТБ) различают опасные и вредные факторы. К определяющим признакам опасных и вредных факторов относятся: возможность непосредственного отрицательного воздействия на организм человека; затруднение нормального функционирования органов человека; возможность нарушения нормального состояния элементов производственного процесса, в результате которого могут возникнуть аварии, взрывы, пожары, травмы.

Средства защиты подразделяются по характеру их применения на средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ). Те и другие, в зависимости от назначения, делятся на классы. При этом СКЗ классифицируются в зависимости от опасных и вредных факторов (например, средства защиты от шума, вибрации, электростатических зарядов и т.д.), а СИЗ – в основном в зависимости от защищаемых органов или группы органов (например, средства защиты органов дыхания, рук, головы, лица, глаз, слуха и т.д.).

По техническому исполнению СКЗ могут быть разделены на следующие группы: ограждения, блокировочные, тормозные, предохранительные устройства, световая и звуковая сигнализация, приборы безопасности, цвета сигнальные, знаки безопасности, устройства ав-

томатического контроля, дистанционного управления, заземления и зануления, вентиляция, отопление, кондиционирование, освещение, изолирующие, герметизирующие средства и др.

К СИЗ относятся гидроизолирующие костюмы и скафандры, противогазы, респираторы, пневмошлемы, пневмомаски, различные виды специальной одежды и обуви, рукавицы, перчатки, каски, шлемы, шапки, шляпы, противозумные шлемы, наушники, вкладыши, защитные очки, предохранительные пояса, защитные дерматологические средства и др.

Средства защиты должны соответствовать требованиям эстетики и эргономики, в частности, обеспечивать нормальные условия для деятельности человека. В то же время при применении СИЗ необходимо учитывать техническое нормирование, т.к. многие СИЗ создают определенные неудобства и ведут к снижению работоспособности человека.

В системе мероприятий, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда, большое значение имеет использование наиболее эффективных СИЗ. Эти средства должны применяться в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией и размещением оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно – планировочными решениями и средствами коллективной защиты.

Наниматель обязан обеспечить выдачу бесплатно работникам, занятым на производстве с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением или выполняемых в неблагоприятных температурных условиях, специальной одежды, специальной обуви и других необходимых СИЗ и организовать их должное содержание (хранение, стирку, чистку, ремонт, дезинфекцию, обезвреживание). Следует иметь в виду, что работник в соответствии с Трудовым кодексом имеет право на отказ от выполнения порученной работы при не предоставлении ему СИЗ, непосредственно обеспечивающих безопасность труда. В свою очередь, наниматель обязан не допускать работника, не использующего требуемые СИЗ при выполнении работ, связанных с повышенной опасностью.

Порядок выдачи, хранения и пользования СИЗ установлен Правилами обеспечения работников средствами индивидуальной защиты. При определении СИЗ для выдачи конкретному работнику необходимо, в первую очередь, применять, нормы той отрасли, в которой он занят. В тех случаях, когда СИЗ (предохранительный пояс, каска и т.п.) не включены в отраслевые или Типовые нормы, они выдаются работникам для обеспечения их безопасности в зависимости от характера выполняемых работ на основании требований нормативных правовых актов по охране труда.

Наниматель за счет собственных средств может предусматривать по коллективному договору выдачу работникам СИЗ сверх установленных норм.

СИЗ являются собственностью субъекта хозяйствования и подлежат возврату в установленных Правилами случаях:

- сроки носки СИЗ календарные и могут быть продлены;
- работающим в зонах с высокой степенью радиоактивного загрязнения в установленном порядке выдаются вторые комплекты спецодежды и других СИЗ;
- на время прохождения производственного обучения учащиеся, а также лица, их обучающие, должны обеспечиваться СИЗ согласно установленным нормам. Если работник временно выполняет работу, где предусмотрено использование СИЗ, он должен быть ими обеспечен в соответствии с установленными нормами;
- бригадирам, мастерам, выполняющим обязанности бригадиров и подручным рабочим, профессии которых предусмотрены в нормах, выдаются те же СИЗ, что и рабочим соответствующих профессий;
- при выполнении работы по совмещаемой профессии работнику должны выдаваться дополнительно СИЗ, предусмотренные для совмещаемой профессии, если выдача указанных средств не была произведена по основной профессии;
- руководители и специалисты, осуществляющие организацию и контроль за производственными процессами, эксплуатацией оборудования на период выполнения указанных обя-

занностей обеспечиваются аналогичными для работников на данном участке работ СИЗ со сроком носки – до износа или как дежурные;

– представители органов государственного надзора на время осуществления своих полномочий на производствах и объектах, где предусмотрено применение СИЗ, обеспечиваются ими.

СИЗ должны храниться с соблюдением требований, в отдельных сухих помещениях, изолировано от каких-либо других предметов и материалов, рассортированными по видам, ростам и защитным свойствам.

Для хранения выданных работникам СИЗ субъект хозяйствования обязан предоставить специально оборудованные помещения, выдача и сдача работниками СИЗ отмечается в личной карточке установленной формы.

Во время работы работники должны пользоваться выданными им СИЗ и своевременно ставить в известность своих руководителей о необходимости химчистки, стирки, сушки, ремонта и обезвреживания указанных средств. СИЗ, загрязненные радионуклидами выше допустимых пределов, подлежат захоронению в установленном порядке. Химчистка, стирка, ремонт, дегазация, дезактивация, обезвреживание и обеспыливание СИЗ производится нанимателем в установленные сроки и в определенное время, при этом должно быть обеспечено сохранение защитных свойств.

Правила предусматривают компенсацию работникам расходов на приобретение и содержание СИЗ, если работники вынуждены приобретать их и осуществлять уход за ними за свой счет.

Споры по вопросам выдачи и использование СИЗ рассматриваются комиссиями по трудовым спорам и судами. Юридические и физические лица, виновные в нарушении законодательства о труде, в том числе по вопросам обеспечения и применения СИЗ, несут дисциплинарную, административную, уголовную и иную ответственность в соответствии с законодательством.

УДК 331.453:331.41:331.434

Общие требования охраны труда при контроле качества гидробиологических проб поверхностных вод

Студенты гр. 11305112 Дубицкий Д.В., Астапчик О.С.
Научный руководитель – Яганова А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При проведении мониторинга поверхностных вод в лаборатории гидробиологии один из опасных и вредных факторов – получение дополнительной дозы радиации. Имеет место и воздействие некоторых химических веществ на организм работающего, что приводит к снижению иммунитета и повышенному риску заболеваемости. В таких лабораториях кроме инструкций по охране труда, используемых в различных других отраслях, применяются инструкции учитывающие специфику работ, например:

- работу с источниками ионизирующего излучения и радиоактивного загрязнения;
- работу с химическими веществами, хранением химических реактивов и их транспортировкой;
- гидрохимические работы у водного объекта (анализ «первого дня», биологическое потребление кислорода за 5 суток «БПК-5»);
- работы при отборе проб и проведении наблюдений и гидрохимическим и гидробиологическим показателям в районе возникновения экологически опасных ситуаций и другие.

На производительность труда работающих в лаборатории гидробиологического мониторинга и результаты проводимых измерений влияют постоянство температурного режима, влажности воздуха и скорости воздушного потока. В помещениях лаборатории должны использоваться соответствующие системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Наиболее оптимальными являются системы кондиционирования типа «зима-лето», поддерживающие независимо от поры года необходимые постоянные метеорологические условия.

В соответствии с характером выполняемых работ в помещениях лабораторий гидробиологических проб оптимальные микроклиматические условия обеспечиваются температурой воздуха 21-23 °С в холодный и 22-24 °С в теплый периоды, относительной влажностью 40-60 % и скоростью движения воздуха 0,1 м/с в холодный период, 0,2 м/с в теплый.

Мониторинг гидробиологических проб предполагает постоянное использование микроскопа, что вызывает большую зрительную нагрузку у работающих.

Согласно ТКП 45-2.04-153 работникам лаборатории присваивается III разряд зрительной работы. При выполнении работ высокой точности в помещениях следует применять систему искусственного комбинированного освещения. Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения.

Источником опасного для здоровья человека электромагнитного излучения в лаборатории гидробиологического мониторинга является персональный компьютер. Вследствие того, что оператор находится на расстоянии не более 1 метра от монитора, напряженность электромагнитного поля, воздействующего на него, может превышать биологически допустимый уровень. Снижают напряженность электромагнитного поля защитные экраны. Защита от статического электричества достигается увеличением относительной влажности воздуха в рабочем помещении.

Шум, пыль и другие физические факторы не представляют опасности для здоровья работающих, так как их уровень в отделах подобного рода очень низкий.

При работе на местах возникновения экологически опасных ситуаций, несчастных случаях следует четко соблюдать все инструкции по охране труда работающих. В экстремальных ситуациях:

- прекратить работу;
- поставить в известность своего непосредственного руководителя работ, или другое должностное лицо;
- принять меры по обеспечению безопасности и эвакуации людей;
- оказать первую доврачебную помощь пострадавшим.

Химические технологии

Студент гр. 10405315 Храменков Д.В.

Научный руководитель – Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Развитие нанотехнологий и широкое применение наноматериалов в различных отраслях позволяет рассчитывать на успешное применение их и в строительной индустрии.

Проектный уровень прочности и эксплуатационных свойств бетона нового поколения достигается качественным подбором состава, выбором технологии изготовления и уходом за бетоном. Однако для получения высокотехнологичного бетона необходимо направленное формирование структуры.

Наряду с традиционными способами регулирования структуры бетона нового поколения перспективной является модификация бетона наноразмерными частицами, при введении которых в минеральную матрицу вяжущего происходит ее структурирование: в результате получают наномодифицированные материалы с совершенно новыми свойствами.

В настоящее время получены различные виды наночастиц. Молекулярные углеродные кластеры представляют частицы размером 10 – 100 нм и имеют упорядоченную пространственную структуру из атомов углерода, связанную посредством сил молекулярного взаимодействия. Все исследования углеродных нанодобавок, SiO_2 и Al_2O_3 проведенные в бетонах старого поколения, не могут дать сколько-нибудь заметного эффекта из-за наличия в этих бетонах большого количества макро- и микродефектов, а также $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Содержание последнего в бетоне в зависимости от количества C_3S и C_2S и основности образующихся гидросиликатов может варьировать от 25 до 30% массы цемента. Наибольшее количество извести выделяет при гидратации и гидролизе алита ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). Если ориентироваться на процесс образования из алита гидросиликатов кальция с основностью равной 1,5 по реакции $2\text{C}_3\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$, то количество выделяющегося портландита составит 39,36%.

При использовании рядового портландцемента с содержанием алита 60%, количество образовавшегося портландита составит 23,6%. Так как в цементе содержится также белит ($\beta\text{-}2\text{CaOSiO}_2$), то при содержании его в количестве 20% и гидролизе по реакции $2\text{C}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

Выделяется дополнительно 4,3% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а общее содержание портландита составит 27,9%. Если исходить из возможной реакции портландита и чистой кремнеземосодержащей добавки $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$, то соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{SiO}_2$ должно составлять 1,23:1 для образования гидросиликатов кальция с основностью 1,5.

Таким образом, доля микрокремнезема в цементе должна составлять не менее 22%. Роль нанодисперсного оксида кремния при получении высокопрочных бетонов и будет рассмотрена в этой работе.

В работе использован цемент марки ПЦ 500-ДО с активностью 48,6 МПа, сроками схватывания: начало 183 мин, конец 255 мин. Минералогический состав цемента, % : C_3S -54; C_3A -5; C_2S -21; C_4AF -16. Ультрадисперсный порошок SiO_2 с содержанием 98% оксида кремния, насыпная плотность 55 г/л, площадь удельной поверхности -350 м²/г; рН (5%-ная водная суспензия) – 6,1.

Влияние ультрадисперсного кремнезема на прочностные свойства цемента в процессе его твердения представлены на рисунок 1.

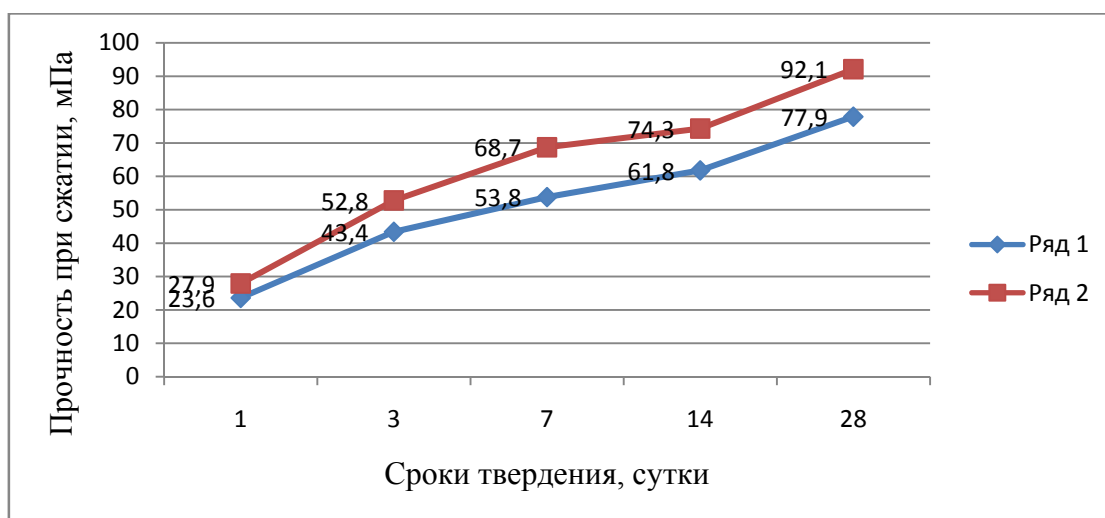


Рисунок 1 – Кинетика изменения прочности образцов:
ряд 1 – контрольный состав; ряд 2 – состав с добавлением SiO₂

Из полученных данных следует, что добавка к цементу ультрадисперсного кремнезема в количестве 0,2 % от массы цемента повышает прочность при сжатии за счет взаимодействия выделяющегося при гидролизе гидроксида кальция с SiO₂ с образованием гидросиликатов кальция. Использование нанокремнезема в смеси способствует тому, что структура становится более плотной.

УДК 544.03/032.76:665.123

Изучение химического состава и путей использования соапстоков от рафинации масел

Учащиеся гимназии №40 г. Минска Киселева А.Б., Кожурова А.Ю., Гончар В.В.
Научные руководители – А.Д. Алексеев, Ю.Д. Сташкевич
(кафедра органической химии БГТУ)
г. Минск

Постановка задачи: при рафинации жиров и масел на 1 т очищенного масла образуется 200 – 300 кг побочного продукта – соапстока, который хотя и является отходом, тем не менее, представляет интерес как органосодержащая композиция. Разработанная технология переработки соапстоков на мыло часто оказывается экономически не выгодной из-за высоких транспортных расходов, ведь около 50% соапстока – вода. Задачей настоящей работы является изучение группового состава и поиск путей использования соапстоков непосредственно на заводах растительных масел. Соапсток, металлические мыла, жирующие составы, трибохимия.

Методы исследования: групповой анализ соапстоков, волюмометрия, гравиметрия, химический и трибохимический синтезы металлических мыл, получение составов для жирования кож, оценка жирующей способности. Научно-исследовательская лаборатория кафедры органической химии Белорусского государственного технологического университета [1].

Основные результаты: – определен количественный групповой состав органических веществ соапстоков Бобруйского завода растительных масел;

– химическим и трибохимическим методами из жиров соапстока синтезированы металлические мыла, использованные в составе жирующих смесей для обработки кож.

Соапсток содержит много триглицеридов (масло), но мало солей жирных кислот, поэтому не обладает поверхностно-активными свойствами. В то же время, оптимальный состав жирующих смесей, используемых при выделке кож и мехов, включает 33 – 35% металлического мыла, 48 – 50% жиров или масел, 13% растворителя, остальное – вода и катализатор [2]. Поэтому рационально использовать соапсток Бобруйского маслозавода для производства жирующих композиций, но для этого следует повысить содержание жирных кислот и уменьшить долю воды и нейтральных жиров. Показано, что при соотношении триглицеридов к солям жирных кислот равном или большем 10, рациональным направлением использования соапстока будет переработка его на металлические мыла и/или жирующие составы для выделки кож.

Заключение: найдено возможное направление использования соапстоков, содержащих большой избыток триглицеридов и незначительное количество жирных кислот. Рациональным направлением их переработки может быть трибохимический синтез металлических мыл и создание на их основе жирующих составов. Развитием работы может служить устранение специфического запаха соапстоков и продуктов их модификации, а также поиск других путей практического применения соапстоков.

Список использованных источников

1. Технологии переработки жиров. Метод. Указания к лабораторным работам. А.И. Ламоткин, В.С. Болотовский, В.Л. Флейшер. – Минск: БГТУ, 2007. – 34с.
2. Способ трибохимического получения металлсодержащих мыл – компонентов жирующих смесей. Авт. А.М. Иванов, Н.Н. Елькова, Л.В. Лучкина, И.А. Иванов, Н.Н. Аболмова Пат. РФ № 2092533, С11D9/04, С14C9/02 от 10.10.1997.

УДК 666.9.015.42

Модификация бетонов расплавленной серой

Студент гр. 10405315 Бычик А.В.
Научные руководители – Глушонок Г.К., Шагойко Ю.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Не секрет, что повышение физико-механических свойств, строительных материалов и изделий, разработка новых композиций и технологий остаются основополагающими направлениями развития стройиндустрии.

Показателями конкурентоспособности и обоснованности технологических решений при организации нового или реконструкции существующего производства являются материалоемкость, энергоемкость, капитальные затраты на единицу продукции. Потребность в долговечных материалах и конструкциях на их основе огромна, задачи снижения энергозатрат и использование попутных продуктов и отходов всегда актуальны. Один из вариантов решения этих задач – использование серы в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве.

Предпосылками для производства серного вяжущего являются обширная сырьевая база, а также большая потребность народного хозяйства в новых стойких материалах. В последнее десятилетие во всех развитых странах наблюдается рост производства технической серы как побочного продукта при переработке и очистке нефти, природных и топочных газов. Серу получают практически на всех нефтеперерабатывающих заводах. Потребности химической промышленности и других традиционных потребителей серы полностью удовлетворены. Именно поэтому давно стоит вопрос о расширении рынка сбыта серы путем использования в новых материалоемких отраслях и технологиях.

Одним из способов решения этой задачи является модификация бетонов расплавленной серой. Сера, заполняющая поры цементного камня, обладая полной водонепроницаемостью, гарантирует высокие эксплуатационные качества бетонов. Для пропитки бетонных изделий серой их обычно погружают в серный расплав, некоторое время там выдерживают, а затем охлаждают на воздухе до нормальной температуры. На наш взгляд, весьма перспективно добавлять серу в бетонную смесь на стадии замеса. Набравшие марочную прочность изделия нагреваются и выдерживаются при температуре 140-150 °С в течении 1,5 часов, после чего охлаждаются на воздухе. Сера, содержащаяся в бетоне, расплавляется и заполняет собой поры и капилляры, препятствуя миграции влаги и агрессивных веществ и уменьшая поверхность контакта бетона со средой. Таким образом, уменьшение пористости цементного камня за счет заполнения серой пустот и пор приводит к повышению сопротивляемости бетонного изделия разрушающему воздействию окружающей среды.

Для изучения эффективности предлагаемой технологии был проведен эксперимент. В нем сравнивались физические показатели серных и обычного бетонов. Изучалось водопоглощение образцов кубов 2x2x2 см из цементно-песчаного раствора, изготовленных в соответствии ГОСТ 310.4. Составы кубиков были подобраны следующим образом: №1 цементно-песчаный раствор без добавок, в образцах серных бетонов №2 и №3 заменили 10 и 20% массы песка на молотую серу.

Образцы были высушены до постоянной массы, при 70 – 80 °С до полной потери влаги. Для расплавления включений серы в цементном камне и заполнения серным расплавом пор и пустот в бетоне опытные образцы нагрели до температуры $t = 150$ °С и выдерживали при такой температуре в течении 90 минут. После прокаливания и последующего остывания при комнатной температуре кубы опять погружались в воду, где находились до их полного влагонасыщения. Затем образцы взвешивались. Средние величины водопоглощения бетонных кубиков состава №1, №2 и №3 оказались равными 4,87, 0,52 и 0,39%, что отдаст предпочтение данному способу введения серы в сравнении с пропиткой изделий из бетона в расплаве серы.

УДК 541.182:546.824-31

Изучение фотокаталитических свойств титаната железа (FeTiO_3) в водном растворе

Студент гр.10405114 Миронович А.Ю.
Научный руководитель – Горбунова В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Диоксид титана и композиционные материалы на его основе обладают высокой фотокаталитической активностью в реакциях окисления органических веществ, поэтому широко используются для очистки воды и воздуха от различных загрязнителей. Однако, TiO_2 имеет ряд ограничений – большая ширина запрещенной зоны (3,2 эВ для анатаза и 3,0 эВ для рутила), поэтому он фотокаталитически активен лишь в ультрафиолетовом диапазоне, высокая скорость рекомбинации электрон-дырка, низкая скорость переноса заряда к поверхности. Чтобы преодолеть существующие недостатки, разработаны различные способы синтеза допированного или содопированного катионами металлов (Pt, Fe, Mn, Cu и д.р.) или анионами (F^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) диоксида титана.

Роль опанта сводится, как правило, к увеличению числа вакансий и их стабилизации в катионной или анионной подрешетках самого TiO_2 (Ti^{+3} , кислородные вакансии), что препятствует рекомбинации электрон-дырка и увеличивает фотоактивность материала. Во многих случаях катионы допанта препятствуют росту наночастиц оксидных полупроводников в ходе золь-гель-синтеза, стабилизируют низкотемпературные модификации оксидов, напри-

мер, анатаза в случае TiO_2 . Известно, что при введении в диоксид титана катионов железа, образуются твердые растворы $\text{Ti}(1-x)\text{FexO}_{2-x/2}$, которые обладают высокой степенью замещения титана на железо, что объясняется близостью радиусов катионов Ti^{4+} и Fe^{3+} . С введением в структуру TiO_2 оптимальных количеств железа связывают перспективу получения фотокатализаторов, активных в видимом диапазоне спектра. Кроме этого, обработка диоксида титана серной кислотой увеличивает его фотокаталитическую активность за счет стабилизации анатазной кристаллической структуры.

Недостатками многих способов получения модифицированного TiO_2 является сложность процесса, высокая стоимость исходных компонентов, что приводит к высокой себестоимости получаемого фотокатализатора и препятствует дальнейшей коммерциализации разработки.

Нами была изучена возможность использования в качестве фотокатализатора, работающего в более широком спектральном диапазоне (УФ + видимый свет), смешанного оксида FeTiO_3 – ильменита, нетоксичного и недорого природного минерала, используемого в качестве сырья для производства диоксида титана. Ильменит имеет ширину запрещенной зоны 2,58 – 2,9 эВ и следующий фазовый состав: Fe_2O_3 – 24%, TiO_2 – 64%, FeO – 10%, а также небольшое количество SiO_2 , следы оксидов алюминия, ванадия, хрома.

Для эксперимента были взяты два образца: необработанный ильменит и предварительно обработанный серной кислотой и прокаленный при 423 К FeTiO_3 . Фотокаталитическую активность ильменита изучали на модельной реакции окисления метилоранжа в водном растворе фотокалориметрическим методом (длина волны 490 нм) при комплексном воздействии ультрафиолетового (УФ) и видимого света. В раствор метилоранжа объемом 100 мл с исходной концентрацией красителя 0,126 г/л добавляли ильменит в количестве 0,035 г/л. Облучение проводили при постоянном перемешивании раствора магнитной мешалкой, пробы для определения оптической плотности раствора отбирали каждые 15 мин. Степень разложения метилоранжа в течение двух часов для необработанного ильменита составила около 8 %, для предварительно сульфатированного и прокаленного – 75%, что свидетельствует о достаточно высокой фотоактивности обработанного серной кислотой FeTiO_3 и возможности применения его как эффективного и недорогого фотокатализатора.

УДК 620.9:662.63(476)

Термохимическая переработка отходов растениеводства и возможность получения на их основе калорийных топлив

Студент гр. 10405315 Хутный Д.А.

Научный руководитель – Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Наиболее перспективным видом горючих отходов для использования в энергетике является солома сельскохозяйственных растений. Ее энергетический потенциал достигает в зависимости от урожайности 1,2 – 1,5 млн. т. у. т. в год. Этот излишек соломы, который составляет около 25 % от общего количества, что соответствует 4 – 5 % потребления котельно-печного топлива в республике. Степень полезного использования различных видов растительной биомассы и стоимость получаемой из нее энергии в значительной мере определяется технологией ее переработки. Теплота сгорания сухой соломы ржи и льнокостры составляет около 3800 ккал/кг, одна тонна соломы эквивалентна 445 кг сырой нефти. В то же время различные свойства и состав растительных отходов сказывается на характере процесса горения и газификации: малый насыпной вес, низкая температура плавления золы, высокое содержание калия и хлора, коррозия материала оборудования – все это не позволяет отнести растительные отходы к группе легкогазифицируемых топлив.

По содержанию основных компонентов органической массы солома ржи и льнокостры близки между собой. Так, компонентный состав, например, льнокостры включает, %: целлюлозу – 47,5; гемицеллюлозу – 13,5; экстрагируемые вещества – 16 и золу – 2–3. Органическая масса состоит на 48 % из углерода, 6 % водорода, около 43 % кислорода и 1 – 2 % азота и серы. Поэтому горючие отходы растениеводства следует рассматривать в качестве источника углерода, водорода и кислорода при получении синтез-газа с последующей его каталитической конверсией в жидкое топливо по технологии Фишера – Тропша. Обычно синтез-газ получают из твердых горючих ископаемых: каменноугольного кокса или древесного угля – методом газификации с применением воздушного дутья в периодическом режиме или парокислородного дутья в непрерывном режиме.

Выход синтез-газа составляет 0,8 – 1,3 нм³/кг органической массы сырья, а углеводородного топлива при каталитической конверсии синтез-газа 150 – 170 г/нм³ (теоретически 208,5 г/нм³). Для получения жидкого углеводородного топлива применяется синтез-газ, в котором объемное соотношение между СО и Н₂ составляет около 1:2 (например, 25 – 33 % СО: 50 – 67 % Н₂), а их сумма не менее 75 %. Из растительной биомассы, характеризующейся высоким выходом летучих соединений (до 85 %) целесообразно получать синтез-газ методом скоростного пиролиза, однако, рациональная технология и оборудование для реализации этого метода с использованием в качестве сырья горючих отходов растениеводства не создана. Изучение закономерностей термохимических превращений ржаной соломы и льнокостры при пиролизе и горении проводилось методом термического анализа (ТА) в различных режимах на дериватографе марки ОД – 103 и экспериментальных установках в стационарном и подвижном слое сырья при разных скоростях нагрева.

Наиболее интенсивно процесс термического разложения органического вещества ржаной соломы и льнокостры без доступа воздуха протекает с экзотермическим эффектом в области температур 200 – 400 °С. При этом потери массы составили – 50 %, также фиксируются два максимума скорости термораспада при 300 и 340 °С, ответственные за разложение гемицеллюлоз и целлюлозы. При достижении температуры 370 °С процесс термораспада замедляется и до 900 °С протекает с меньшей скоростью. Потеря массы при термическом разложении ржаной соломы и льнокостры происходит также интенсивно и в интервале температур 500 – 900 °С и составляет 21 – 23 % за счет термохимических превращений, протекающих в твердом остатке, что свидетельствует о его низкой термоустойчивости, обусловленной химическим составом, главным образом наличием кислородосодержащих соединений. Общие закономерности процесса пиролиза льнокостры и ржаной соломы, по данным термического анализа, аналогичны, однако, термоустойчивость органического вещества льнокостры выше особенно в области температур 200 – 500 °С.

Установлено, что основными орючими компонентами газа пиролиза соломы и льнокостры является водород, монооксид углерода, метан и непредельные углеводороды. Влияние вида исходного сырья не оказало существенного влияния на состав газа, хотя и отмечено повышенное содержание метана в пиролизном газе льнокостры, что обусловлено ее химическим составом, т. е. более высоким содержанием в органическом веществе метоксильных групп и соответственно теплота сгорания газа ржаной соломы оказалось на 8 % ниже теплоты сгорания газа, полученного из льнокостры.

Результаты исследования механизма газообразования при пиролизе льнокостры и ржаной соломы в неподвижном слое в зависимости от температуры показали, что максимальная концентрация монооксида углерода в газе достигается при 300–4000С и обусловлена термораспадом органических кислот – промежуточных продуктов термохимических превращений кислород, содержащих соединений соломы (НСООН → СО + Н₂О). Далее с повышением температуры содержание СО падает, а после 600 °С снова начинает расти за счет процессов, протекающих в твердом остатке – коксе.

Концентрация водорода в газе резко возрастает только после 450 °С, что обусловлено термохимическими превращениями органического вещества твердого остатка – кокса. Уве-

личение концентрации CO в газе при температуре свыше 700 °С связано, скорее всего, с термической диссоциацией карбонатов кальция и калия ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) и дальнейшим восстановлением CO_2 до CO ($\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$). Обусловленное термическим разложением метоксильных групп, содержание метана в пиролизном газе растет до 650 °С, и соответственно теплота сгорания достигает максимальных значений около 3700 ккал/нм³, затем снижается, когда в составе газа начинают преобладать CO и H₂ и падает концентрация CH₄. Таким образом, содержание компонентов синтез-газа в составе пиролизного газа горючих отходов растениеводства увеличиваются с ростом температуры. Пиролиз отходов растениеводства в подвижном слое проводили на лабораторной установке, состоящей из пиролизера со шнековой подачей сырья и внешним электрообогревом.

Летучие продукты в виде парогазовой смеси отводили в систему охлаждения и очистки, затем в газометр, а твердый остаток (кокс) собирали в приемной колбе. Опыты проводили при 800 °С. Отличительной особенностью процесса пиролиза ржаной соломы в шнековом пиролизере является низкий выход жидких продуктов и соответственно высокий выход газа (более 50 %) по сравнению с процессом в стационарном слое сырья, что обусловлено более длительным временем нахождения парогазов в активной зоне пиролизера и их контактом с коксом, приводящим к образованию дополнительного количества водорода и монооксида углерода ($\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$). В составе пиролизного газа ржаной соломы при 800 °С отмечено высокое содержание CO и H₂, а теплота сгорания составляет 2864 ккал/нм³.

Технологическую схему получения синтез-газа и высококалорийного жидкого топлива из соломы можно представить следующим образом: на переработку поступает солома спрессованная в рулоны, которая измельчается, при необходимости, сушится и подвергается скоростному пиролизу с образованием синтез-газа, кокса и жидких продуктов, состоящих из смолы, воды и растворенных в ней различных соединений.

Полученный при этом синтез-газ подвергается каталитической конверсии с образованием жидкого моторного топлива или метанола. Кокс и жидкие продукты смешиваются, диспергируются, образуя суспензию, которая используется в качестве котельного топлива. Теплота сгорания синтез-газа в 2,5 раза выше теплоты сгорания генераторного газа, поэтому этот газ можно с высокой эффективностью применить в качестве моторного топлива.

Известно, что расход синтез-газа, состоящего, например, из 67 % H₂ и 33 % CO при получении одной тонны жидких углеводородов составляет 6000 м³ (4000 H₂ + 2000 CO) при потреблении твердого топлива 3,85 т у. т. При проведении скоростного пиролиза ржаной соломы в подвижном слое при температуре 800 °С получен синтез-газ состоящий на 91 % из CO и H₂, при каталитической конверсии которого возможно получение жидкого топлива. Такой газ также целесообразно использовать в двигателях внутреннего сгорания. Таким образом, горючие отходы растениеводства наряду с прямым сжиганием могут быть использованы в качестве сырья для получения газообразных и жидких энергоносителей методом газификации и пиролиза.

УДК 546.536

Термоокислительная устойчивость фосфатных композиций на основе силицидов переходных металлов

Студенты гр. 10405114 Скируха А.С., Кулик М.А.

Научный руководитель – Медведев Д.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ранее проведенными исследованиями было показано, что на основе фосфатных связующих и силицидов титана, ванадия, вольфрама, молибдена возможно получение токопроводящих композиций с высокими адгезионными ($\sigma_{\text{ад}} = 4 - 16$ Мпа) и электропроводящими

свойствами ($\rho = 10^{-3} - 10^{-4}$ Ом·м). Причем оптимальными свойствами обладали составы на основе алюмофосфатного связующего со степенью нейтрализации H_3PO_4 60% АФС(4). Разрабатываемые токопроводящие клеи были предназначены для эксплуатации при повышенных температурах. Поэтому в работе исследованы процессы, протекающие при нагревании композиций в окислительной атмосфере.

Методами ДТА показано, что в интервале температур 333 – 523 К наблюдается удаление воды из коллоидных новообразований в отвердевших системах и на этот интервал температур приходится основная потеря массы образца. Электропроводность в этом интервале практически не изменяется. В интервале 623 – 723 К наблюдается нечеткий эндоэффект, связанный, видимо с дальнейшим процессом взаимодействия силицидов металлов продуктами дегидратации фосфатного связующего. При этом содержание P_2O_5 в фильтрате, которое определяли фотоколориметрическим методом, снижается. В области температур 973 – 1073 К наблюдается экзоэффект, связанный с окислением электропроводящих наполнителей до соответствующих оксидов металлов переменного состава и оксида кремния. Кроме того, на рентгенограммах образцов фиксируются пики, соответствующие $AlPO_4$; в то же время дифракционные максимумы относящиеся к исходным силицидам отсутствуют, что приводит к снижению и потере электропроводящих композиций.

Изучение температурной зависимости удельного электрического сопротивления осуществляли при помощи моста постоянного тока МО-62 при $T = 293 - 1233$ К в трубчатой печи с платиновыми электродами, обеспечивающими надежный контакт с исследуемыми образцами и выдержкой в течение 30 минут при заданных температурах.

Полученные экспериментальные данные свидетельствует о том, что кривые зависимости электросопротивления от температуры имеют прямолинейный характер, который может быть описан уравнением $\rho = a + bT$, где a – величина, характеризующая значением удельного сопротивления при 293К; b – термический коэффициент электросопротивления композиции. Коэффициенты уравнения линейной регрессии определяли по программе, разработанной в МВТУ им. Баумана.

Линейную связь между ρ и T подтверждает высокий коэффициент корреляции ($r = 0,959$) и существенное превышение рассчитанного коэффициента Стьюдента ($\tau_{st} = 15,548$) над его табличным значением ($\tau_{st} \approx 2$). Согласно, выполненным расчетам $b = 2,5 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$ (для WSi_2), а экспериментальное – $2,9 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$. Последнее свидетельствует о металлическом типе проводимости в исследуемых системах. Следует отметить, что наилучшие показатели свойств из всех изученных композиций имеют составы на основе $MoSi_2$ и АФС(4). Эта закономерность прослеживается и в композициях на основе алюмосиликатных связующих (АСС) и силицидов металлов. Известно, что модифицирование водного раствора метасиликата натрия алюминатным раствором сопровождается усложнением анионного состава вяжущего, увеличением пластичности и вязкости системы.

Так композиции на основе АСС – $MoSi_2$ даже при $T = 1173$ К на воздухе демонстрируют электропроводящие свойства ($\rho = 7,6 \cdot 10^{-2}$ Ом·м) при сохранении высоких адгезионных свойств к окисной керамике (11 Мпа).

Способ легирования чугуна медью из промышленных металлосодержащих отходов

Студент гр.10405114 Самусева А.И.
Научный руководитель – Проворова И.Б.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Медь является легирующей добавкой, которая способствует повышению прочностных и эксплуатационных характеристик чугуна. Известен способ легирования чугуна медью, включающий введение в расплав чугуна металлической меди, не оказывающей заметного влияния на эвтектическое превращение при кристаллизации расплава, но способствующей перлитизации металлической основы.

Применение данного способа в полном объеме является нецелесообразным из-за высокой стоимости металлической меди, используемой в качестве легирующей добавки.

Кроме того, существует способ легирования чугуна медью с использованием медно-магниевого отработанного катализатора, включающий перегрев расплава чугуна до заданной температуры, введение медно-магниевого отработанного катализатора и активное перемешивание расплава. Расплавление чугуна проводили в печи сопротивления при температуре 1400°C, после чего вводили добавку медно-магниевого отработанного катализатора (от 0,5 до 2,0% от массы чугуна). Степень усвоения меди при введении отработанного катализатора в зависимости от величины добавки колеблется в пределах 50 – 60%. Недостатком этого способа является низкая степень усвоения меди из отработанного медно-магниевого катализатора, что связано с высокой температурой плавления оксида магния.

Для повышения степени усвоения меди предлагается способ легирования, включающий введение отработанного медно-магниевого катализатора в чугун, перегрев расплава и активное перемешивание. Отработанный медно-магний катализатор предварительно смешивают с ваграночным шлаком и углеродсодержащим материалом при соотношении: 1:0,5:0,1 соответственно, а затем вводят в металлозавалку и расплавляют, расплав перегревают до температуры 1450°C.

Введение ваграночного шлака в состав шлакообразующей смеси облегчает образование легкоплавкого шлака, связывающего MgO, а углеродсодержащего материала (электродный бой, карбюризатор, отсев кокса, древесный уголь и т.п.) способствует наиболее полному восстановлению меди из оксида.

Процесс легирования чугуна медью за счет медно-магниевого отработанного катализатора проводили в лабораторных условиях в силитовой печи. В качестве шлаковых материалов использовали медно-магний отработанный катализатор (65% CuO, 35% MgO), ваграночный шлак (41% CaO, 22% Fe₂O₃, 21% SiO₂, 11% MnO₂ и 5% прочих), электродный бой, которые предварительно измельчили до размера частиц 0,5 – 1 мм. В тигель ёмкостью 1 кг помещали 450 г серого чугуна. Шлаковые материалы, смешанные в расчетных пропорциях (10 г отработанного катализатора, 5 г ваграночного шлака, 1 г электродного боя), загружали сверху, после чего тигель устанавливали в разогретую до температуры 1450 °C печь и выдерживали в течение 45 мин. После выдержки в печи тигель извлекали, охлаждали, а затем проводили химический анализ сплава. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав слитка

Элемент	C	Cu	Si	Mn	Cr	S	Fe
Содержание, %	3,40	0,65	2,20	0,35	0,08	0,06	остальное

Степень усвоения меди из отработанного катализатора составила 75%. Кроме того, проведена плавка в промышленной индукционной печи ИЧТ-6,0. На 6 тонн металла в шихту добавляли 74,5 кг легирующей смеси (47 кг отработанного катализатора, 23,5 кг ваграночного шлака, 4,7 кг карбюризатора). Расплав перегревали до 1520°C, выдерживали в течение 15 мин, после чего шлак скачивали и заливали формы. Получен чугуна следующего химического состава (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав чугуна

Элемент	C	Cu	Si	Mn	Cr	S	Fe
Содержание, %	3,50	0,38	1,84	0,88	0,11	0,05	Остальное

Степень усвоения меди из отработанного катализатора составила 78%, при этом время плавки и расход электроэнергии сохранялись на обычном уровне.

Таким образом, предлагаемый способ легирования чугуна медью за счет отработанных катализаторов позволяет не только повысить степень усвоения не менее чем до 78 %, но и обеспечивает ресурсосберегающую и валютозамещающую переработку экологически опасных отходов, образующихся на предприятиях нефтехимической промышленности Республики Беларусь.

УДК 539.21:541.182

**Исследование возможности синтеза гидросиликатов кальция и магния
в объеме композиционных материалов**

Студент гр. 10405115 Иванов Н.Р.
Научный руководитель – Меженцев А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основными задачами современного материаловедения являются разработка способов направленного формирования долговечной структуры композитных материалов, получение продуктов с заданными эксплуатационными свойствами. Одним из способов модифицирования структуры цементных композитов является введение в их состав высокоактивных микродобавок и в частности наночастиц кремнезема, глинозема и др.

Повышенный интерес исследователей к нанообъектам вызван обнаружением у них необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением так называемых «квантовых размерных эффектов». Одной из главных причин изменения физических и химических свойств малых частиц по мере уменьшения их размеров является возрастание в них относительной доли «поверхностных атомов, находящихся в иных условиях (координационное число, симметрия локального окружения и т.п.), чем атомы объемной фазы. С энергетической точки зрения уменьшение размеров частицы приводит к возрастанию доли поверхностной энергии в ее химическом потенциале.

Целенаправленное воздействие на формирование наноструктуры, твердеющего цементного камня, обеспечивает создание более однородной и плотной упаковки гидрокристаллических новообразований.

Наиболее предпочтительным следует считать модифицирование структуры цементного камня наноразмерными частицами гидросиликатов кальция и магния. Их положительное влияние на процессы твердения и физико-механические свойства проявляются в большей степени, если их кристаллы имеют вытянутую форму. Механизм действия частиц сводится не только к уплотнению структуры, но и к роли кристаллических затравок.

Наиболее рациональным путем использования наночастиц является их синтез непосредственно в объеме строительного материала за счет взаимодействия водных растворов хи-

мических реагентов с компонентами вяжущего; образующимися при его твердении. Поскольку преобладание в структуре цементного камня низкоосновных гидросиликатов является необходимым условием существенного повышения его прочности и стойкости была исследована возможность его синтеза в объеме цементного камня.

Гидросиликаты кальция и магния получали в процессе формирования структуры вяжущего при одновременном добавлении растворов CaCl_2 (MgCl_2) и жидкого стекла, в вяжущее состоящее из ПЦ 500-ДО и песка, взятых в соотношении 1:3, с применением активированной воды затворения. Активированная вода обладает большей активностью вследствие изменения ионного состава, влияющего на величину рН, удельную электрическую проводимость и другие параметры. Что позволяет направленно воздействовать на процессы, происходящие в цементных системах. Количество воды затворения использовалось из расчета получения теста подвижной консистенции, затем вводилось жидкое стекло. Изготовленные образцы цементного камня 4x4x16 см погружены в воду для твердения на 30 сут., после чего определялась их прочность на изгиб и сжатие.

В результате проведенных исследований было установлено, что прочность на сжатие полученных образцов выше на 5%, а прочность при изгибе выше на 8,7%, чем у контрольных образцов.

Из выше изложенного следует, что в качестве нанодобавки необходимо формировать в объеме цементного теста наноразмерные частицы гидросиликатов кальция и магния, играющих роль центров кристаллизации.

УДК 666.965

Активация цемента

Студент гр.10405114 Позняк О.А.

Научный руководитель – Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одной из важных задач повышения качества бетонных изделий является повышение эффективности использования вяжущих свойств цемента. Возможность решения этой задачи, получившей название «активация цемента», доказана различными учеными, использовавшими разные методы воздействия на цементы. Сюда относятся термоактивация, обработка сухого цемента электромагнитным полем, струйная активация, активация воды затворения.

Одним из видов активации цемента может быть метод его аэротермоактивации. Установлено, что термическая активация достигается за счет деаэрации поверхности цементных частиц и флокул. Одним из видов аэроактивации является замена воздуха, адсорбированного на внутренних поверхностях флокул цемента, реакционноспособными газами (CO_2 , SO_2), что позволяет регулировать сроки его схватывания.

Применение в качестве адсорбата CO_2 несколько сокращает, а SO_2 – значительно замедляет сроки схватывания теста, что объясняется химическим различием продуктов их реакции с растворенной известью. Прочность же бетона на аэроактивном цементе в ранние и конечные сроки возрастает. Морозостойкость и водопроницаемость увеличивается на марку.

С целью повышения активности цемента предложен сухой способ его обработки путем воздействия электромагнитным полем. Цемент распыляют в разрядной камере, которую продувают кислородом с расходом 0,03 л/с. На коронирующий электрод подают ток напряжением 10 кВ, частотой 50 Гц, при этом ток короны составляет 70 мА. Обработку цемента осуществляют токами коронного разряда при удельных энергозатратах 10 – 40 кДж/кг. Из обработанного цемента готовят бетонную смесь. Прочность бетона возрастает на 30%.

Особое направление активации цемента составляют методы его механоактивации, основной которой является тонкое диспергирование.

Устройство для диспергирования смесей, сочетающее в себе принципы дисмембраторов, коллоидных мельниц и центробежных насосов. Применение такого «сембиозного» аппарата для высокодисперсного домола цемента в водной среде (или в водной среде совместно с ПАВ) непосредственно на заводе железобетонных изделий или строительной площадке позволяет снизить энергозатраты и увеличить активность цемента. Продолжительность домола цемента до удельной поверхности $400 - 500 \text{ м}^2/\text{кг}$ составляет всего $0,5 - 1$ мин.

Активация цемента может быть достигнута при струйном измельчении шихты цемента с добавкой пластификатора. При этом гидравлическая активность цемента повышается на 10 %.

Мерой механоактивации можно считать количество накопленной поверхностной энергии, запасенных в виде большого числа низкоэнергетических дефектов, существенно снижающих энергию активации химических реакций и повышающих кинетические параметры химического взаимодействия. Чем больше дефектов, тем выше степень разупорядоченности структуры, тем более химически активным является вещество.

Для повышения прочностных характеристик цементного бетона можно также активировать воду затворения. При ультразвуковой активации воды происходит ее деструкция, повышается рН до 9,3, увеличивается электропроводность на 13 %, что ускоряет процесс гидратации цемента на 6% и повышает прочность цементного камня на 20 %.

УДК 691.17

Количественный аспект процесса набухания некоторых марок каучуков

Студент гр. 10203115 Сидельникова К.В.

Научный руководитель – Слепнева Л.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Взаимодействие полимеров с растворителем имеет большое значение при переработке полимеров, их применении, в биологических процессах и др. Например, макромолекулы белков и полисахаридов, взаимодействуя с водой, содержащейся в живых организмах и растениях, находятся в набухом состоянии. Из растворов полимеров получают многие синтетические волокна и пленки. Растворами полимеров являются лаки и клеи, в связи с чем, практически важным становится вопрос об устойчивости полимера в растворителе. Изучение свойств макромолекул, в том числе определение их молекулярных масс, производят, как правило, в растворах. Пластификация полимеров, осуществляемая в производстве пластмассовых изделий, сопровождается процессом набухания полимера в растворителе-пластификаторе. Для решения вопросов о возможном набухании или растворении полимера в данном растворителе, об его устойчивости по отношению к этим процессам необходимо знать закономерности взаимодействия полимеров с растворителями.

Процесс растворения полимерных молекул отличается от растворения низкомолекулярных веществ рядом признаков. Во-первых, для растворения больших макромолекул полимеров требуется гораздо больше времени по сравнению со временем растворения низкомолекулярных веществ. Во-вторых, растворению высокомолекулярных соединений обычно предшествует процесс набухания. Набухание выражается в увеличении объема (массы) полимеров в результате поглощения низкомолекулярной жидкости или ее паров.

Полимерная матрица состоит из взаимопроникающих друг в друга статистических клубков. Между сегментами одной и той же цепи также как и между отдельными макромолекулами существуют когезионные силы притяжения (водородные, дисперсионные, индукционные, диполь-дипольные и т.д.). Добавление к полимерной матрице растворителя приводит к проникновению небольших молекул растворителя в полимерную матрицу. Внутри- и межмолекулярные

силы взаимодействия в полимерной матрице постепенно заменяются силами, действующими между молекулами растворителя и сегментами полимерной цепи. При постепенной диффузии молекул растворителя в полимерную матрицу все большее количество сегментов полимерной молекулы сольватируется молекулами растворителя, при этом сегменты разворачиваются, конформация макромолекулярного клубка становится более рыхлой. Процесс набухания довольно длительный, зависит только от сил взаимодействия между молекулами растворителя и сегментами полимера и не зависит от перемешивания или взбалтывания раствора.

Для хорошего набухания и растворения полимера необходима близость полимера и растворителя по полярности. Если полимер и растворитель сильно различаются по полярности, то набухания и растворения не происходит. Кроме того, важна близость полимера по природе к растворителю. Так, полихлоропреновый каучук, содержащий атомы хлора, хорошо взаимодействует с хлорсодержащим растворителем дихлорэтаном. Растворимость и степень набухания также в значительной степени зависят от гибкости цепи полимера. Наибольшей гибкостью обладают углеродородные цепи без полярных групп. Гибкость цепей уменьшается из-за усиления межсегментальных и межмолекулярных взаимодействий при появлении в молекуле боковых полярных групп.

Нами был изучен процесс набухания некоторых видов каучуков и резины в этилацетате. Предполагалось установить связь набухания с такими характеристиками, как плотность полимера, его полярность и гибкость молекулярной цепи.

Этилацетат – нетоксичный, умеренно полярный растворитель с дипольным моментом молекулы 1,78 D. Синтетические каучуки – аморфные или сравнительно слабо кристаллизующиеся полимеры с высокой гибкостью и относительно малым межмолекулярным взаимодействием цепей. Плотность всех типов каучуков 0,90 – 0,92 г/см³ за исключением полярного хлоропренового каучука, плотность которого составляет 1,2 – 1,3 г/см³

Для эксперимента были взяты образцы четырех разновидностей каучуков: синтетический бутадиеновый, бутадиен-стирольный, хлоропреновый, полиизобутиленовый, а также резина. В отличие от каучуков, которые, хотя медленно, но могут растворяться, резина – сетчатый эластомер, лишь ограниченно набухающий в органических растворителях. Сетчатая структура образуется в результате «сшивания» макромолекул за счет разрыва имеющихся в каучуках двойных связей. Вулканизатором служит обычно сера. Из всех используемых нами каучуков, только полиизобутиленовый каучук не может образовывать пространственную сетку, т.к. у него нет двойных связей.

Образцы каучуков массой 0,5 г выдерживали в 3 мл этилацетата на протяжении суток, после чего их извлекали и взвешивали. Степень набухания определяли отношением увеличения массы образца после набухания к исходной массе.

Экспериментальные данные показывают значительно меньшее набухание резины и особенно хлоропренового каучука по сравнению с тремя другими каучуками. Небольшое значение степени набухания резины (36%) объясняется пространственно сшитой структурой, препятствующей увеличению расстояния между сегментами, следствием чего является лишь ограниченное набухание резин. Еще более низкое значение степени набухания хлоропренового каучука (7%) свидетельствует о важной роли сильных межмолекулярных взаимодействий и высокой плотности полимера в процессе набухания. Макромолекулы хлоропренового каучука имеют полярные C-Cl связи, следствием чего является наличие сильного межмолекулярного взаимодействия. Молекулы растворителя с трудом преодолевают это взаимодействие, несмотря на их собственную полярность. Наибольшую степень набухания (233%) показал бутадиеновый каучук, характеризующийся высокой гибкостью и достаточной разветвленностью цепи. Гибкость бутадиен-стирольного каучука затруднена из-за присутствия объемных бензольных колец в цепи, с чем связана более низкая степень набухания (139%) по сравнению с бутадиеновым каучуком. Примерно такую же степень набухания (135%) показывает полиизобутиленовый каучук, отличающийся от других невозможностью его вулканизации по причине отсутствия двойных связей.

**Молодёжные
инновационные
проекты.
Организация
и управление
инновационными
предприятиями
при университетах**

Использование новых инвестиционных механизмов в создании и развитии малых предприятий

Студентка гр. 10507113 Иванова Е.Г.
Научный руководитель – Журкевич М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современном мире малые инновационные предприятия являются инструментом против спада экономики, а также выпускают конкурентоспособный на зарубежном рынке продукт. На данный момент перестает существовать 5 – 15% малых инновационных предприятий ежегодно. Только небольшое количество предприятий выживает в нынешних условиях сфер услуг и инноваций. Это подтверждает необходимость развития механизмов, направленных на создание и развитие малых инновационных предприятий.

По сравнению с крупными, малые предприятия мобильны, благодаря чему могут быстро реагировать на изменения рынка, а из-за несложной структуры управления предприятием и относительно небольшого выпуска продукции, малые предприятия более гибкие к любым изменениям. Благодаря небольшой и менее сложной внутренней структуре такие предприятия могут сконцентрироваться на определенных исследованиях и более детально их проработать. Также риск потерь, связанный с внедрением новых технологий, ниже. Но, чтобы выйти на рынок с инновационной продукцией, малые предприятия все же идут на больший риск.

В Республике Беларусь в последние годы набирают обороты новые для страны технологии – крауд-технологии. Существует три их направления: краудфандинг, краудсорсинг и краудинвестинг. Принцип краудфандинга и краудсорсинга состоит в том, что люди на безвозмездной основе помогают в реализации и продвижении интересующего их проекта, в первом случае, деньгами, во втором – любой деятельностью, которая поможет достичь целей проекта. На данный момент в Республике Беларусь действуют две наиболее масштабные краудфандинговые платформы: Talaka.by (Талака) и Ulej.by (Улей). Принцип их работы немного отличается, но цель одна – помочь людям реализовать свой проект, позволяя размещать его подробное описание на своих платформах.

Существуют проблемы, которые препятствуют развитию в Республике Беларусь инновационной деятельности в малом бизнесе. Исходя из аналитических и статистических данных, можно выделить следующие основные проблемы: нехватка финансирования со стороны государства и кредитно-банковской системы; несовершенство налоговой системы и неоднозначная интерпретация законодательных актов, касающихся предпринимательства малого бизнеса; высокий риск потери средств; административные барьеры.

Из-за недостатка внешнего инвестирования многие малые предприятия даже не начинают свое инновационное развитие. А из-за отсутствия спроса на инновационный продукт, предприятия прекращают внедрение инноваций и производство новой продукции. Также инновационная деятельность является высокорисковой. Не каждый готов вложить крупную сумму в проект, поэтому с помощью крауд-технологий можно вкладывать небольшие суммы денег одновременно в несколько проектов, тем самым риск потерь уменьшается. Для быстрого и успешного развития крауд-технологий следует перенаправить груз ответственности за инновационное развитие малых предприятий с государства на общество. Не только государство должно быть заинтересовано в развитии инновационной деятельности, но и потенциальные потребители инновационной продукции. С помощью специально созданных платформ предприятие может проверить любую идею, изначально не потратив на это средств. Размещая проект на таких платформах, можно отследить заинтересованность общества, и если идея обратит на себя внимание, то проект может собрать необходимую денежную сум-

му на его реализацию или найти нужную помощь людей из разных сфер. Таким образом, крауд-технологии являются механизмом перераспределения нагрузки с государства на потребителя.

На данный момент, в Республике Беларусь создается и улучшается специализированная структура по оказанию разного вида информационных услуг, организовываются мероприятия, конкурсы, семинары, форумы и конференции для помощи предпринимателям в ведении бизнеса. Все это позволит привлечь больше людей к инновационной деятельности. Крауд-технологии развиваются быстрыми темпами благодаря хорошей информированности населения. Общество перенимает и подстраивает под себя зарубежные системы развития стран, что позволяет развивать Республику Беларусь в различных сферах.

Одно из направлений крауд-технологий – краудинвестинг, развивается медленными темпами в Республике Беларусь. Проблема в том, что законодательно такой вид деятельности никак не подкрепляется. Крауд-технологии направлены на сокращение посредников между производителем и потребителем. Именно краудинвестинг позволяет вкладывать деньги с наименьшим количеством посредников в интересующий проект с получением инвестором будущей прибыли. Одна из существующих краудфандинговых платформ позиционирует себя как краудинвестинговая – Investo.by, однако существенной работы в этом направлении не ведется.

В нынешних условиях для Республики Беларусь краудинвестинг является очень хорошим механизмом для развития малых инновационных предприятий, а также удобным для частных инвесторов, так как такой способ вложений менее рискованный и позволяет вкладывать небольшие суммы. Однако на данный момент краудинвестинг не может быть применен в стране, так как пришлось бы обойти достаточно большое количество формальностей, установленных законом. Таким образом, крауд-технологии важно подкрепить законодательной базой, чтобы все было легально, и никто не боялся пользоваться этим механизмом.

УДК 334.752

Кластерный механизм в формировании устойчивого развития малых и средних предприятий

Студентка гр. 10507113 Гудкова Е.И.
Научный руководитель – Журкевич М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современных рыночных условиях предприятиям малого и среднего бизнеса выжить сложнее всего. Мобильность малого бизнеса помогает быстро адаптироваться к изменяющемуся спросу, но низкие барьеры входа на рынок влекут за собой высокую конкуренцию. Сюда же добавляются такие проблемы, как низкое материально-техническое обеспечение, финансовые трудности, административные барьеры и т.д. Поэтому главным фактором, обеспечивающим компании желаемый успех, является создание продукции с конкретным конкурентным преимуществом [1].

В таких условиях создание предприятия наиболее благоприятно осуществлять в кластерной форме, т.е. путём объединения территориально сконцентрированных организаций (фирм, университетов, банков и т.д.) взаимодополняющих друг друга и участвующих в создании конкурентной продукции. Наиболее развиты кластерные объединения в США, а родоначальником принято считать Кремниевую долину, на территории которой объединены более 85 тысяч компаний, около 50 научных центров, а также 12 университетов.

В Беларуси на данный момент насчитывается только 4 кластерных объединения, выпускающих инновационную продукцию (ИТ-кластер «Парк высоких технологий», Туристи-

ческий кластер в Воложинском районе, Светотехнический кластер и Фармацевтический кластер «Союз медицинских, фармацевтических и научно-образовательных центров» [2].

Значимым преимуществом создания инновационно-промышленного кластера является оказание финансовой поддержки за счет средств республиканского бюджета. Порядок отбора кластерных проектов производится путём конкурсного отбора. Форма оказания поддержки – субсидий, которые выделяются из бюджета (приобретение лицензий, патентов и др.), либо Белорусским фондом финансовой поддержки предпринимательства (возврат процентов по кредитам, связанных с приобретением оборудования и др.) – это прямые инструменты стимулирования.

Инструментами косвенного воздействия можно считать снижение ставки налога на прибыль: для инновационных товаров ставка составляет 0%, для высокотехнологичных товаров также составляет 0%, но с условием, если доля выручки от реализации данного товара составляет 50% от общей, если же это условие не выполняется, ставка составляет 10%. [3]

Не смотря на очевидную выгоду создания инновационно-промышленного кластера, на территорию Республики Беларусь функционирует лишь 4 организации такого типа. Объяснением такого результата служат следующие проблемы: во-первых, низкая заинтересованность со стороны малых и средних фирм в выпуске инновационных товаров. Связано это с высокими рисками данной деятельности. Во-вторых, низкая информированность юридических и физических лиц о выгодных условиях создания инновационных кластеров. В-третьих, боязнь мелких предприятий функционирования на ряду с более крупными из-за риска возможной манипуляции ими со стороны более авторитетных компаний. Кластер – объединение, совмещающее интересы не одной организации, а целого комплекса: государства, бизнеса, науки, культуры и образования, что позволяет создавать продукцию с высоким конкурентным преимуществом и получать максимально возможную прибыль.

Список использованных источников

1. Тэпман, Л.Н. Малый бизнес: опыт зарубежных стран / Л.Н. Тэпман; под редакцией В.А. Швандара. – М.: ЮНИТИ, 2010. – 287 с

2. Национальный правовой портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нормативно правовые акты в сфере регулирования малого и среднего предпринимательства – Режим доступа: http://www.economy.gov.by/dadvfiles/001340_53062_Programma.pdf. – Дата доступа: 26.03.2016.

3. Официальный сайт Министерства Экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс] / О поддержке малого и среднего предпринимательства – Режим доступа: http://www.economy.gov.by/ru/small_business/state-support-for-small-business. – Дата доступа: 26.03.2016.

УДК 334.752

Совершенствование управления интеллектуальной собственностью в рамках деятельности университетского научно-технологического парка

Аспирант Калинин А.Ю.

Научный руководитель – Енин Ю.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Высшие учебные заведения являются одним из ключевых элементов Национальной инновационной системы Республики Беларусь. Вузы выступают не только как генераторы новых знаний, но и являются средой для формирования и развития инновационного предпринимательства. Как показывает мировой опыт, для обеспечения максимального эффекта

необходима четкая и скоординированная с вузом деятельность инновационной инфраструктуры, которая и будет осуществлять коммерциализацию научных разработок.

При этом неотъемлемой частью процесса коммерциализации является процесс управления интеллектуальной собственностью. В данной сфере особое значение имеют скоординированные действия вуза и субъекта вузовской инновационной инфраструктуры. Эффективная организация данного процесса позволит не только обеспечить защиту интеллектуальной собственности, но и использовать механизмы и инструменты по расширению возможностей вузовской инновационной инфраструктуры коммерциализировать научные разработки.

Стоит отметить, что на сегодняшний день исследований по изучению взаимодействия вузов и субъектов инновационной инфраструктуры в рамках управления интеллектуальной собственностью практически не проводилось.

Важной особенностью процесса управления интеллектуальной собственностью является то, что создание при университете технопарка фактически означает организацию на его базе научно-инновационно-производственного комплекса, который по своей сущности является кластерной структурой. Это обосновывается наличием ряда элементов:

1. Непосредственно сам университет, который включает образовательные, научно-исследовательские и производственные структуры.

2. Субъект инновационной инфраструктуры, в первую очередь научно-технологический парк, обеспечивающий создание на основании разработок университета коммерческого продукта и его освоение/внедрение либо на новых предприятиях-резидентах и производствах, либо на уже существующих.

3. Малые инновационные предприятия, в основе деятельности которых находятся разработки университета

При этом процесс управления интеллектуальной собственностью, являющийся составной частью процессов научно-инновационного цикла будет учитывать наличие взаимодействия нескольких структур.

Процесс управления интеллектуальной собственностью является составной частью политики научно-инновационно-производственного комплекса в области коммерциализации создаваемых результатов научной и научно-технической деятельности. Т.к. в настоящий момент ключевой задачей большинства крупных экономических структур является обеспечение их устойчивого развития, то и процесс управления интеллектуальной собственностью должен быть направлен на обеспечения данного развития.

Целью управления интеллектуальной собственностью является повышение эффективности процесса коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности для содействия обеспечению устойчивого развития научно-инновационно-производственного комплекса.

Учитывая в качестве цели обеспечение устойчивого развития, при ее достижении необходимо использовать соответствующие принципы управления:

1. Принцип программного управления: наличие сформулированного и обоснованного плана.

2. Принцип открытости: восприимчивость к воздействию государственных и местных органов власти, а также изменениям в экономико-технологической среде.

3. Принцип реагирования по возмущениям: оперативное реагирование на изменение внешней среды, которое также подкреплено системой не только мониторинга, но и прогнозирования/моделирования.

4. Принцип обратной связи: обеспечение оперативного и адекватного взаимодействия (и реагирования) всех элементов научно-инновационно-производственного комплекса.

5. Принцип системности управления: все структуры/элементы научно-инновационно-производственного комплекса должны специализироваться и выполнять в рамках процесса управления интеллектуальной собственностью.

6. Принцип проектной приоритетности: процесс управления должен реализовываться в форме проектов, которые соответствуют определенным ранее приоритетам.

Для достижения поставленной цели необходима реализация ряда стратегических и тактических задач.

Стратегические задачи – задачи определяющие долгосрочные приоритеты развития. В частности к ним относятся:

1. Определение (обоснование) приоритетных направлений науки и техники, на которые в первую очередь будут направлены ресурсы, обеспечивающие коммерциализацию.

2. Обеспечение максимальной эффективности процесса коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности на основе реализации механизма материального стимулирования научных работников и лиц, содействующих процессам коммерциализации.

3. Обеспечение мониторинга и прогнозирования изменений внутренней и внешней сред. Разработка мероприятий по адаптации к изменениям и их реализация.

Тактические задачи направлены на повышение эффективности процесса управления интеллектуальной собственностью в рамках конкретной ситуации и особенностей объекта управления. Тактические задачи можно сгруппировать с блоки, согласно стадиям жизненного цикла интеллектуальной собственности, а именно:

1. Создание интеллектуальной собственности.

2. Обеспечение правовой охраны.

3. Введение в гражданский оборот.

4. Защита прав.

Стоит отметить, что управление интеллектуальной собственностью сочетает системный и проектный подходы. Системный подход основывается на том, что управление интеллектуальной собственностью, являясь неотъемлемой частью инновационной деятельности, реализуется на системной основе. Однако, деятельность по созданию и коммерциализации конкретного объекта научной или научно-технической деятельности наиболее целесообразна на основе реализации инновационных проектов.

В качестве ключевых направлений совершенствования управления интеллектуальной собственностью являются направления, связанные с решением стратегических задач и в первую очередь следующих:

1. Обеспечение максимальной эффективности процесса коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности на основе реализации механизма материального стимулирования научных работников и лиц, содействующих процессам коммерциализации.

2. Определение (обоснование) приоритетных направлений науки и техники, на которые в первую очередь будут направлены ресурсы, обеспечивающие коммерциализацию.

УДК 330.342.3

История развития инновационной инфраструктуры в Китае

Аспирант Ци Цзи

Научный руководитель – Алексеев Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В Китае, официальное название технопарка под названием «Зоны развития высокотехнологических отраслей» («зоны развития» для краткости), является нововведением, которое полагается на интеллектуальные ресурсы, развития высоких технологий и новых отраслей промышленности, как цель, способствовать сочетанию научных исследований, образования и производства, содействовать скоординированному развитию науки и техники, экономики и общества-для достижения индустриализации и интернационализации высоких и новых тех-

нологий, достижений путем создания локальной оптимизации среды. К концу 2015 года число национальных высокотехнологичных зон в нашей стране было 145.

Строительства китайского технопарка началось от плановой экономики к рыночной экономике шунта, в то время развитые страны добились больших успехов в научно-технической инновации и трансформации науки и техники. В соответствии с этим фоном, центральное правительство решило создать научно-технологический парк.

Первый этап, период беременности (с 1984 г. по 1988 г.).

В июне 1984 года Комитет по науке и технике КНР предложил "доклад по навстрече миру научно-техническая революция" Центральному Комитету и Государственному Совету, выдвинутые давая высокотехнологичных предприятий преференциальной политики стимулирования развития высоких технологий. С постепенным развитием реформы городских и сельских экономической системы, необходимо осуществить реформу научно-технической системы. По этой причине 13 марта 1985 центрального вынес "постановление ЦК КПК о реформе системы науки и техники", газета отмечает: "чтобы научно-технические достижения быстро широко применения для производства, так как в полной мере играть роль научно-технических кадров", "в целом по стране, выбирая некоторые интеллектуальные интенсивные участки, давая льготную политику, чтобы сформировать характерный высоких и новых технологий промышленного развития зоны". В 1986 году по инициативе Ван Дейн, Сю Жуйцунь и другие ученые, государство приступило к реализации программу 863. (Литература: Ван Дейн, Сю Жуйцунь, и так далее, "Доклад о развитии высокотехнологичных исследований и разработок плана" 3-ого марта 1986 г., улучшить способности самостоятельной инновации, а также содействовать развитию новых и высоких технологий план. Августа 1988 года, ЦК КПК, Государственный Совет одобрил реализацию руководящих план о развитии развития высокотехнологичных отраслей в Китае - программа «Факел». Пока Китай зоны высокотехнологичного развития промышленности родился в Чжунгуаньцунь Пекинского научно-технологического парка.

Второй этап, этап создания (с 1989 г. по 1991 г.).

22 августа 1988 года, Центральный Комитет КПК и Государственного Совета приняли важные решения, чтобы ускорить внешне ориентированной экономики в прибрежных районах и реализуется стратегия экономического развития прибрежных районов. Углубление реформы системы науки и техники в прибрежных районах является стимулирование научно-исследовательских подразделений, колледжей и университетов, государственных малых предприятий для создания экспортно-ориентированных технологических компаний. В сентября 1991 г., национальный научно-технический комитет и Государственной комиссии принято решение об углублении реформы высоких и новых технологий промышленного развития зоны, поощрение развития высокотехнологичных отраслей промышленности, официально утвердил создание 26 государственного уровня высокотехнологичного промышленного развития зоны на основе нового локального 37 высокотехнологичные зоны, вместе с Чжунгуаньцунь в Пекине было 27 государственного уровня высокотехнологичного промышленного развития зоны высокотехнологичного развития зоны выдан масштаб.

Третий этап, этап развития (с 1992 г по 2009 г.).

После 10 лет развития, Национальные высокотехнологичные зоны сделаны плодотворные достижения в изучении строительство высокотехнологичных зон, в демонстрации 27 зоны высоких технологий и продвижении программы «Факел» и программы «863», в ноябре 1992 года, с согласия Центрального Комитета Коммунистической партии Китая, Государственный Совет одобрил решение о построении в Китае второй партии 25 национальных высокотехнологичных зон в городе Наньчан, Куньмин, Сучжоу, Циндао, Ч жухай. В ноябре 1994 года в области науки и техники комиссия опубликовала "Основные принципы по работе инновационно-высокотехнологичного сервисного центра в Китае", бизнес-инкубатор был создан в политику, заложил прочный фундамент для успешного развития высоких и новых технологий промышленного развития зоны. По состоянию на 2009 год, китайский национальный

высокотехнологичные зоны развилась до 56, на данном этапе, есть 30 новых национальных высокотехнологичных зон. Китая, за исключением Цинхай, Тибет, Нинся, цинхай, Гонконг, Макао, всех провинциальных административных единиц имеют национальных высокотехнологичных зон.

Четвертый этап, этап роста (с 2010 года).

Субстандартный ипотечный кризис начался в 2008 году и продолжает бродить в 2009 году, с последующим Европейский долговой кризис, развитие Западной экономики была в беспорядке, внешние условия для экономического развития Китая стала более жесткой, экономической структурной перестройки, была неизбежной, на основе учета долгосрочного развития экономики Китая, китайское правительство приняло решение проводить промышленные передачи в восточных прибрежных районах и во внутренних районах с активной экономикой, переместить некоторые зрелые отрасли в области с относительно отсталой экономикой, оставляя больше пространства для развития высоких и новых технологий отрасли, твердо проводить оптимизацию промышленной структуры и модернизации. Центральное правительство решило расширить национальных высокотехнологичные зоны. К концу 2010 года Государственный Совет утвердил еще 27 национальных высокотехнологичных зон. таким образом, число национальных высокотехнологичных зон увеличилось с 129 на начало 2015 г. до конца года 145.

УДК 659.442

Влияние бренда на продвижении продукции на рынке

Студентка гр. 10508113 Лира А.Г.
Научный руководитель – Журкевич М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Постепенно, наряду с постоянным прогрессирующим современным рынка, происходило стремительное развитие рыночных отношений и продвижение продукции на мировой рынок. Предложение увеличивается, ассортимент расширяется, потребность в отечественных торговых марках постоянно возрастает. Такие факторы свидетельствуют о том, что необходимо укреплять существующие на отечественном рынке торговые марки, активизировать деятельность, которая связана с формированием и последующим управлением брендом.

С первого дня появления товара на рынке, он сразу создает о себе первое впечатление. Оно может быть позитивным или негативным. Бесконтрольное формирование такого впечатления может сыграть с производителями злую шутку. Есть большой риск того, что покупатели не оценят сразу все преимущества продукции, не увидят их, а даже наоборот. Найдут какие-либо недостатки и даже придумают новые. Чтобы избежать такого развития событий, необходимо очень ответственно подходить к формированию торговой марки. Хорошо проработанная торговая марка представляет все преимущества товара, выделяет этот товар среди аналогичных ему, раскрывает суть продукции.

Но конкурировать с очень мощными и раскрученными брендами очень сложно. Тем более отечественному производителю. Ассортимент продукции, предлагаемый потребителю различными торговыми марками настолько велик, что иногда сделать окончательный выбор в пользу какого-либо товара очень сложно. Как правило, предпочтение отдается той продукции, которая приобреталась раньше, или той, которая лучше разрекламирована. Поэтому очень важно настолько хорошо организовать свою торговую марку, чтобы она начала именоваться брендом.

В чем же разница между торговой маркой и брендом?

Продукцию торговой марки потребитель готов приобрести потому, что она отличается преимуществом каких-либо свойств. Продукцию же бренда потребители любят за ее имя.

Просто за то, что она есть. За возможность приобщиться к кругу ее почитателей. Торговая марка описывает суть продукции. А бренд ее символизирует. Иными словами, бренд – это торговая марка, которая закрепились в сознании потребителя, ее визуальный образ.

Качественно проработанный бренд может значительно помочь компании в представлении и реализации товара. Бренд создает естественные барьеры для новых конкурентов; позволяет новинкам сразу же занимать лучшие ниши рынка; выигрывает для компании время, в случае угрозы рынку. Удачно сформированный бренд в силах помочь компании пережить кризис без дополнительных вложений, дорогих рекламных компаний или снижения цен.

Для того, чтобы торговая марка стала брендом, необходимо тщательно продумать ее концепцию и уникальность. Прежде всего бренд позиционируется на рынке. Определяется его позиция по отношению к конкурентам в сознании потребителя. Важно сфокусироваться на тех достоинствах, которые выделяют продукцию среди аналогичной. Необходимо точно определить ответы на 4 главных вопроса:

- 1) для кого?
- 2) зачем? (выгода для потребителя при приобретении продукции);
- 3) для какой цели? (выгода для предприятия) ;
- 4) кто главный конкурент?

Далее выбирается стратегия создания бренда. Стратегия базируется на элементах: определение целевой аудитории; определение предложения бренда; доказательство весомости этого предложения; итоговое впечатление от выбора бренда. Стратегия также предопределяет способы, с помощью которых вышеперечисленные пункты приводятся в действие (как товар создан, разрекламирован, фирменный стиль, бренд-бук и т.д.).

Главная идея создания бренда – обещание преимуществ для целевой аудитории. Каждый потребитель должен осознавать, что приобретаемая продукция подходит для удовлетворения лично его потребностей.

Правильное использование всех методов и приемов дает возможность компании стать лидером в рассматриваемом сегменте, помочь продукции стать лучшей для потребителя. И, следовательно, обеспечить устойчивое финансовое положение.

УДК 336.011

Финансовый рычаг как способ формирования структуры капитала предприятия

Студентка гр. 10507113 Станкус Т.С.

Научный руководитель – Квасюк С.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Специалисты по финансам часто стоят перед проблемой формирования капитала предприятия из разных источников, и, в частности, определения оптимального соотношения между собственным капиталом (далее СК) и заемным капиталом (далее ЗК). Один из методов решения этой проблемы основан на концепции финансового рычага (левериджа).

Финансовый рычаг (финансовый леверидж) – это отношение заемного капитала компании к собственным средствам, он характеризует степень риска и устойчивость фирмы. Чем меньше финансовый рычаг, тем устойчивее положение. С другой стороны, ЗК позволяет увеличить коэффициент рентабельности СК, т.е. получить дополнительную прибыль на СК.

Показатель, отражающий уровень дополнительной прибыли при использовании ЗК называется эффектом финансового рычага (ЭФР). Его можно рассчитать по формуле (1):

$$\text{ЭФР} = (1 - C_n) \cdot (K_P - C_k) \cdot \text{ЗК/СК}, \quad (1)$$

где ЭФР – эффект финансового рычага, %;

C_n – ставка налога на прибыль, в десятичном выражении;

KP – коэффициент рентабельности активов (отношение валовой прибыли к средней стоимости активов), %;

C_k – средний размер ставки процентов за кредит, %. Для более точного расчета можно брать средневзвешенную ставку за кредит;

ZK – средняя сумма используемого заемного капитала;

CK – средняя сумма собственного капитала;

$(1 - C_n)$ – не зависит от предприятия.

$(KP - C_k)$ – разница между рентабельностью активов и процентной ставкой за кредит. называется дифференциал (ДФР) ;

(ZK/CK) – плечо финансовый рычаг (ПФР).

Формулу эффекта леввериджа можно записать так:

$$\text{ЭФР} = \text{ДФР} \cdot \text{ПФР} \quad (2)$$

Из этого следуют два вывода: Эффективность использования ZK зависит от соотношения между рентабельностью активов и процентной ставкой за кредит. Если ставка за кредит выше рентабельности активов, то использовать ZK невыгодно. При прочих равных условиях больший левверидж дает больший эффект.

Формирование прибыли предполагает применение соответствующих организационно-методических систем, знание основных механизмов формирования прибыли и современных методов ее анализа и планирования. Стоит учитывать, что увеличение доли ZK в структуре капитала увеличивает уровень риска неплатежеспособности предприятия. Это должно быть учтено при выборе источников финансирования. Должно быть определено рациональное сочетание между собственными и заемными средствами и степень его влияния на прибыль предприятия. Одним из основных механизмов реализации этой цели является финансовый рычаг. Идея финансового рычага в американской концепции заключается в анализе величины риска по изменениям чистой прибыли, связанной с постоянным размером издержек фирмы по обслуживанию долга. Его действие проявляется в том, что любое изменение операционной прибыли (прибыли до уплаты процентов и налогов) вызывает более осязаемое изменение чистой прибыли.

Коэффициент силы воздействия финансового рычага показывает, во сколько раз прибыль до вычета процентов и налогов превосходит чистую прибыль. Нижней границей коэффициента является единица. Чем больше относительный объем привлеченного фирмой ZK , тем больше выплачиваемая по ним сумма процентов, выше сила воздействия леввериджа, более вариативна чистая прибыль. Т.о., повышение доли заемных финансовых ресурсов в общей сумме долгосрочных источников средств, что по определению равносильно возрастанию силы воздействия финансового рычага, при прочих равных условиях, приводит к большей финансовой нестабильности, выражающейся в меньшей предсказуемости величины чистой прибыли. Поскольку выплата процентов, в отличие, например, от выплаты дивидендов, является обязательной, то при относительно высоком уровне финансового рычага даже незначительное снижение полученной прибыли может иметь неблагоприятные последствия по сравнению с ситуацией, когда уровень, финансового рычага невысок.

Чем выше сила воздействия финансового рычага, тем более нелинейный характер приобретает связь между чистой прибылью и прибылью до вычета процентов и налогов. Незначительное изменение прибыли до вычета процентов и налогов в условиях высокого финансового рычага может привести к значительному изменению чистой прибыли.

Возрастание финансового рычага сопровождается повышением степени финансового риска предприятия, связанного с возможным недостатком средств для выплаты процентов по ссудам и займам. Для двух предприятий, имеющих одинаковый объем производства, но раз-

ный уровень леввериджа, вариация чистой прибыли, определяемая изменением объема производства, неодинакова – она больше у предприятия, имеющего более высокое значение величины леввериджа.

Европейская концепция леввериджа характеризуется показателем эффекта финансового рычага, отражающим уровень дополнительно получаемой прибыли на СК при различной доле использования ЗК. Такой способ расчета часто применяется в странах континентальной Европы (Франция, Германия и др.).

Плечо леввериджа определяет силу воздействия финансового рычага. Этот коэффициент мультиплицирует положительный или отрицательный эффект, получаемый за счет ДФР. При положительном значении дифференциала любой прирост коэффициента финансового рычага вызывает еще больший прирост его эффекта и рентабельности СК, а при отрицательном значении ДФР прирост коэффициента леввериджа приводит к еще большему уменьшению его эффекта и рентабельности СК.

Таким образом, при неизменном ДФР коэффициент финансового леввериджа является главным генератором как возрастания суммы и уровня прибыли на СК, так и финансового риска потери этой прибыли.

Понимание механизма воздействия леввериджа на уровень финансового риска и прибыльность СК позволяют целенаправленно управлять как стоимостью, так и структурой капитала фирмы.

Список использованных источников

1. Ткачук, М.Н. Основы финансового менеджмента: учеб. пособие / М.Н. Ткачук, Е.Ф. Киреева. – Мн.: Интерпрессервис, Экоперспектива, 2002. – 416 с.
2. Ковалева, А.М. Финансы фирмы / А.М. Ковалева, М.Г. Лапуста. – М: ИНФРА – М, 2000. – 410 с.

УДК 338.27

Прогнозирование объемов продаж с использованием метода полиномиального тренда

Студентка гр. 10504313 Белинскас А.Б.

Научный руководитель – Квасюк С.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель прогнозирования объема продаж - позволить бизнесу (предприятию) заранее планировать деятельность наиболее эффективным образом. Самым простым способом прогнозирования рыночной ситуации является экстраполяция, т.е. распространение тенденций, сложившихся в прошлом, на будущее. Сложившиеся объективные тенденции изменения экономических показателей в известной степени предопределяют их величину в будущем.

В нашем случае модель прогнозирования можно представить в виде формулы:

$$F = T + S + E, \quad (1)$$

где F – прогнозируемое значение; T – тренд; S – сезонная компонента; E – ошибка прогноза.

Для прогнозирования объема продаж предлагаем использовать следующий алгоритм:

1 – определяется тренд, наилучшим образом представляющий фактические данные об объемах продаж прошлых периодов. Существенным моментом при этом является предложение использовать полиномиальный тренд, что позволяет сократить ошибку прогнозной модели.

2 – вычитая из фактических значений объёмов продаж значения тренда, определяют величины сезонной компоненты и корректируют их таким образом, чтобы их сумма была равна нулю. Корректировка выполняется на основе расчета возможных пределов изменения каждой величины и вычисления ее.

3 – рассчитываются ошибки модели как разности между фактическими значениями и значениями модели.

4 – на основе модели строится окончательный прогноз объёма продаж. Для этого предлагаю использовать методы экспоненциального сглаживания, что позволяет учесть возможное будущее изменение экономических тенденций, на основе которых построена трендовая модель. Сущность данной поправки заключается в том, что она нивелирует недостаток адаптивных моделей, а именно, позволяет быстро учесть наметившиеся новые экономические тенденции.

$$F_{пр t} = a F_{ф t-1} + (1 - a) F_{м t}, \quad (2)$$

где $F_{пр t}$ – прогнозное значение объёма продаж;

$F_{ф t-1}$ – фактическое значение объёма продаж в предыдущем году;

$F_{м t}$ – значение модели;

a – константа сглаживания.

Построенная модель позволит прогнозировать объемы продаж продукции на будущие периоды. Для учёта новых экономических тенденций рекомендуется регулярно уточнять модель на основе мониторинга фактически полученных объёмов продаж, добавляя их или заменяя ими данные статистической базы, на основе которой строится модель.

Список использованных источников

1. Кузнецов, А.В. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие / А.В. Кузнецов. – Минск : БГЭУ, 2000. – 46 с.

2. Гринберг, А.С. Экономико-математические модели и методы: методическое пособие / А.С. Гринберг, Т.Н. Гурина. – Минск : АУ при КМ РБ, 1995. – 78 с.

3. Кубонив, М. Математическая экономика на персональном компьютере / М. Кубонив – М : Финансы и статистика, 1991. – 304 с.

4. Информационные технологии моделирования процессов управления экономикой: учебное пособие. Части I – V / А.С. Гринберг [и др.] - Минск : АУ при Президенте РБ, 1998. – 115 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Литейное производство чёрных и цветных металлов

Семенец И.Б., Биятов Н.М., Мурашко И.А. Варианты переработки и использования сталеплавильных шлаков	7
Финогентов Д.П. Оптимизация процесса получения отливки «Колесо» из высокопрочного чугуна с использованием САПР ProCAST	9
Кулинич И.Л., Сидоркин А.С., Позняк О.А. Исследование процесса получения сфероидизирующей «чипс» - лигатуры, содержащей нанодисперсный порошок оксида иттрия	11
Ковалев А.А., Пронькина А.Ю. Выбор материала и конструктивного исполнения кристаллизатора для получения заготовок из чугуна на установке полунепрерывного литья	13
Лукашенко К.А., Прокопчук Д.А., Матюшенко С.А. Восстановление железа и хрома из оксидов углеродом	15
Ковалевич Э.В., Иванов А.И. Исходные компоненты для изготовления катодов-мишеней из сплавов металл-кремний металлотермическим восстановлением	17
Самута С.В., Прахт А.А., Чертобой В.В. Утеплительные экзотермические смеси	20
Ковалевич Э.В. Изготовление катодов-мишеней из силицидов тугоплавких металлов методом внепечной металлургии	21
Волосевич Я.В. Разделительные покрытия пресс-форм литья под давлением	23
Киселев Р.В. Моделирование литейных процессов и сквозное проектирование технологии изготовления литых изделий	24
Горбель И.А., Красовский А.Л., Миронович А.Ю. Выбор рациональной технологии переработки алюминиевых шлаков	26
Никитюк П.А., Горбель И.А., Самута С.В., Самусева А.И. Анализ десульфурирующей и раскислительной способности алюминия при обработке стали	29
Прибыш А.Н. Пористость в отливках при литье под давлением	32
Кулинич И.Л., Прокопчук Д.А. Перспективы получения и использования литой стальной фибры для армирования бетонных конструкций	32
Литвинов М.О., Бичан А.Н., Мурашко И.А., Позняк О.А. Влияние типа плавильного агрегата на энергопотребление при плавке чугуна	34
Джураев Т.Х., Семенец И.Б., Прокопчук Д.А., Григорьев П.Е. Особенности переработки рафинировочных шлаков сталеплавильного производства	36

Сытько Т.А., Матюшенко С.А. Анализ технологических и теплофизических параметров процесса полунепрерывного литья, влияющих на качество отливок	40
---	----

Материаловедение в машиностроении

Сорокин Н.В. К проблеме повышения стойкости прошивных оправок	43
Чепаченко Ю.И., Ковалько М.С. Повышение качества болтов высокопрочных и проволоки отожженной	43
Ильеня А.В. Исследование влияния комплексного порошкового азотирования на стойкость инструмента, эксплуатирующегося в условиях Гомельского завода сельскохозяйственного машиностроения	45
Шкут В.А. Индукционная наплавка диффузионно-легированных сплавов	47
Пацеко Е.К., Иванов А.И. Исследование микроструктуры металла	49
Сможевский И.И., Касьянов К.В. Влияние поперечно-клиновой прокатки на макроструктуру и механические свойства материала	50
Лайко А.А. Сравнение методов азотирования при различных способах насыщения	51
Заянчковская М.И., Пиляева А.А. Аморфные металлы. Получение. Классификация и свойства	53
Яблонская И.В. Сравнительная характеристика методов борирования конструкционных и инструментальных сталей	54
Пацеко Е.К. Реактивы для травления микрошлифов	56
Юркевич К.С., Нечай М.А. Восстановление внутренних поверхностей цилиндров методом лазерной наплавки	57
Булыга Е.В., Пинчук В.А. Влияние режима старения на механические свойства сплава Д16	59
Пиляевой А.А., Заянчковской М.И., Юркевич К.С. Наноструктурированные материалы	60

Машины и технология литейного производства

Дегтяренко И.Д., Кадынцев С.А., Клинцов К.С. Эффективность модифицирования чугуна	63
Куликов С.А. Применение ультрадисперсных материалов в качестве модификаторов для железоуглеродистых сплавов	65

Куликов С.А., Тонкович А.А., Воронин Р.И. Анализ современных теорий образования шаровидного графита в высокопрочных чугунах	66
Каменец М.В., Михайлов И. Изготовление отливок в металлических формах. Расчет вентиляции формы	67
Сергиевич А.В., Кравчук А.Е., Скворцов А.А. Перспективные направления повышения качества жидкостекольных формовочных и стержневых смесей	68
Русевич О.А., Шишпор К.Д. Использование языка программирования C++ для кинематического расчета привода ленточного конвейера	70
Шишпор К.Д., Русевич О.А. Использование программы КОМПАС-3D LT для кинематического анализа рычажного механизма графоаналитическим способом	72
Шишпор К. Д. Использование программы КОМПАС-3D LT для силового анализа рычажного механизма графоаналитическим способом	73

Машины и технология обработки металлов давлением

Леонов Р.А., Ясюкович Е.В., Хведчук Н.С., Осадчий М.С. Получение композиционного антифрикционного материала с последующим газопламенным напылением фторопласта-4	77
Михалюк А.Н., Денисов Д.Г., Белько В.С. Исследование триботехнических свойств композиционных антифрикционных материалов с добавками нано структурированных порошков	79
Бахтин А.С., Манцевич И.О. Разработка комбинированной технологии изготовления рабочих деталей почвообрабатывающей роторной техники	81
Журо М.Н., Колядко С.Д. Формообразование широких фланцев в трубных заготовках с локальным нагревом	83
Азохов Д.Л., Дубенец С.С., Дыдик П.И. Малоотходная штамповка поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов	84
Осадчий М.С., Шенец А.Л., Пилипцевич Д.С. Разработка технологии изготовления конических зубчатых колес методом сферодвижной штамповки	86
Дубенец С.С., Пономарев Т.С., Кисель И.С., Легенькая М.С. Исследование граничной зоны биметаллов, полученных скоростным горячим выдавливанием (СГВ)	87
Пригара П.В., Стецко В.В. Влияние сил межслойного трения на процесс пластического деформирования двухслойной заготовки при комбинированной вытяжке полых двухслойных изделий	89
Язевич И.Н., Кубасов С.А., Гришук О.А. Навивка пружин и гибка проволоки на автоматах	91

Пригара П.В., Высевко В.А. Влияние деформационного упрочнения на процесс пластического деформирования двухслойной заготовки при комбинированной вытяжке полых двухслойных изделий	93
---	----

Металлургические технологии

Спиридович А.Е. Использование вторичных отходов в черной металлургии	97
Суравнев С.П. Анализ способов производства алюминиевых сплавов	97
Радкевич С.М. Модернизация нагревательных печей	98
Суханос Е.Н. Экологические проблемы литейного производства	100
Свиридов И.М. Анализ методов внепечной обработки стали	101
Кухновец А.Д. Плавка чугуна в вагранках и электрических печах	103
Кротов А.А. Дуговые сталеплавильные печи, особенности расчета	104
Копылева В.В. Экологические проблемы металлургического производства	104
Лещенок В.В. Тенденции развития электросталеплавильного производства	106
Калацкий К.С. Промышленная безопасность на предприятиях	107
Кобрин П. А. Выбор газогорелочных устройств при проектировании нагревательных печей	109
Денисенко Е.С. Решение проблем экологии в цветной металлургии	110
Заноско О. А. Перспективы применения современных сплавов сопротивления в нагревательных и термических печах	112
Булыга С.Д. Экологические проблемы черной металлургии	113
Краснопевцев Д.В. Использование вторичных энергетических ресурсов в металлургических технологиях	114
Кузьмин Е.Ф. Направления совершенствования тепловой работы камерных топливных печей для нагрева крупнотоннажных слитков	116
Шенец С.Л. Угар легирующих элементов в индукционной печи	118
Цыкунов П.Ю. Математическая модель индукционного нагрева ограниченных цилиндрических заготовок	119

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

Фигурин Ф.К. Механизм формирования сварного соединения алюминия и стали при контактной точечной сварке	121
Яркевич Е. В. Лазерная сварка – прогрессивный процесс соединения материалов	123
Сахно А.А. Модернизация технологического процесса сварки трансформаторного бака типа ТМПН	125
Степурко С.И. Влияние прижимных устройств на деформации и напряжения сварной конструкции	127
Специан М.В., Специан И.В., Ивко Я.В. Принципы реализации и особенности сварки трением с перемешиванием	128
Демьянчик Г.А. Получение сложных оксидов $BaNiO_x$ механоактивируемым самораспространяющимся высокотемпературным синтезом	130
Ивко Я.В., Кецко А.Н., Середа В.Ю. Использование алюмината натрия вместо жидкого стекла в покрытиях сварочных электродов	133
Мухля А.Д. Получение композиционного материала нитрид кремния-карбид кремния методом электроимпульсного спекания	134
Гармаза М.А. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез порошков нитридов	135
Кривуленко Н.В. Получение высокоплотной керамики на основе реакционно-связанного нитрида кремния	137
Федюк И.Л., Попко М.В. Металлокерамические фильтры: получение, области применения	139
Щавелева О.А. Проблемы получения качественного соединения сплавов на основе алюминия способом лазерной пайки	140
Чукашев П.С. Влияние технологических факторов на микроструктуру и фазовый состав керамики на основе реакционносвязанного нитрида кремния	142
Жук В.А., Жук К.А. Металлические мембраны для микрофльтрации: классификация, свойства, применение	144
Жук В.А., Мухля А.Д. Методы определения характеристик мембран	146
Бубен Д.В., Грибок Н.В., Киселевич Р.А. Принципы реализации технологии восстановления рычагов подвески автомобилей с использованием аргоно-дуговой наплавки	147
Ивко Я.В., Кецко А.Н., Середа В.Ю. Технологические свойства $NaAlO_2$ как связующего для покрытий электродов	149

Леонович А.С., Литвинко В.Н. Получение порошковых капиллярных структур контурных тепловых труб	150
--	-----

Охрана труда и промышленная безопасность

Свибович И.В. Меры безопасности при работе с мощными лазерами 4-го класса опасности на примере СО2-ЛАЗЕРА «ROFIN	153
Шиманович А.А. Техника безопасности в оптическом производстве	155
Степанцова М.В. Техника безопасности при ультразвуковой чистке	156
Туровец Л.И. Техника безопасности при обработке цветного камня	157
Харитонов А.А., Крук Д.О., Шастакович А.С. Безопасность проведения перегрузки активной зоны АЭС	159
Замулко С.В., Шинкевич А.М, Борушко М.А. Безопасность при эксплуатации подземных кабелей	161
Ковалев М.С., Ковалева Т.П. Безопасность эксплуатации трубопроводов горячей воды	163
Грабко В.А., Войтеховский А.В. Влияние шума на организм человека. Способы снижения негативного шумового воздействия	164
Антипенко М.Ю. Особенности применения автоматических систем пожаротушения	166
Бурак А.Г., Опришко А.С. Требования безопасности при выполнении малярных работ	168
Бояровская К.С., Дремач Г.И. Влияние света и цвета на организм человека	169
Волков Д.А. Влияние электромагнитных полей промышленной частоты на организм человека	171
Таран А.А. Гигиена труда при работе с компьютером	172
Костусева В. В. Исследование влияния электромагнитных полей модема на организм человека	174
Калиберова А.С. Охрана труда при дорожном строительстве	176
Лапша В.А. Охрана труда при строительстве автомобильных дорог	178
Тычина Т. Факторы, определяющие действия человека на безопасность и сохранения здоровья	179
Пекарский С.А. Права работников и нанимателей в области охраны труда	181

Капустинский А.Ю., Попкова Н.А. Меры безопасности и средства защиты, применяемые при выполнении работ под высоким напряжением на воздушных линиях электропередач	182
Любецкий Е.Ю. Основные причины несчастных случаев при производстве строительных и строительного-монтажных работ	183
Пеньялоса Д., Матюш И.И. Методические аспекты формирования комфортной визуальной среды на рабочих местах	184
Зубарев А.А., Савчук А.Н. Электрозащитные средства, применяемые в электроустановках	185
Берёзкин Д.С. Техника безопасности при неавтоматизированном изготовлении оптических деталей	186
Жаворонок Н.Б., Пташиц К.П., Чебаевская А.М. Обучающие комплексы в подготовке специалистов для АЭС	187
Демьянец К.И., Шкут Д.И. Вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на менеджеров дизайн-проектов в промышленности	189
Заранко В.И., Киселева Д.Л., Миронович Д.И. Условия труда электротехнического персонала энергетических объектов	191
Вишневская Т.Ю., Зубрицкая М.Ю. Охрана труда при работе с техническими средствами таможенного контроля	192
Корчевская Д.И., Дереченик Т.А. Психофизиологические вредные и опасные производственные факторы при работе в таможенных органах	194
Сеньковец В.В., Захаркевич В.П., Шевчук А.И., Моисеенкова Е.В. Пожарная безопасность энергетических объектов	195
Бабойть И.А. Проблемы обеспечения производственной безопасности при использовании агрохимикатов и пестицидов в тепличном хозяйстве	197
Мандра Э.Г. Пути повышения безопасности шиномонтажных работ при обслуживании сельскохозяйственной техники	199
Кисько В.М., Титовец А.С. Профессиональная заболеваемость литейщиков	201
Родичева М.Н. Техника безопасности при изготовлении ювелирных цепочек	203
Шикуров О.М., Куприянова Л.И. Условия труда работающих с персональными компьютерами	204
Мажанова А.И. Технические средства противопожарной защиты	207
Скурат О.А., Барабанова А.Д. Электромагнитные излучения промышленной частоты 50 Гц	209

Ивашко Е.В., Олизарович Е.А. Безопасность при эксплуатации тепловых сетей	211
Рухля Е.С., Карачун И.Д., Швед Г.А. Тушение пожаров в электроустановках	212
Чырдымова Д.А. Защита работающих от опасных и вредных производственных факторов	214
Дубицкий Д.В., Астапчик О.С. Общие требования охраны труда при контроле качества гидробиологических проб поверхностных вод	216

Химические технологии

Храменков Д.В. Модифицирование цемента ультрадисперсным кремнеземом	219
Киселева А.Б., Кожурова А.Ю., Гончар В.В. Изучение химического состава и путей использования соапстоков от рафинации масел	220
Бычик А.В. Модификация бетонов расплавленной серой	221
Миронович А.Ю. Изучение фотокаталитических свойств титаната железа (FeTiO ₃) в водном растворе	222
Хутный Д.А. Термохимическая переработка отходов растениеводства и возможность получения на их основе калорийных топлив	223
Скируха А.С., Кулик М.А. Термоокислительная устойчивость фосфатных композиций на основе силицидов переходных металлов	225
Самусева А.И. Способ легирования чугуна медью из промышленных металлосодержащих отходов	227
Иванов Н.Р. Исследование возможности синтеза гидросиликатов кальция и магния в объеме композиционных материалов	228
Позняк О.А. Активация цемента	229
Сидельникова К.В. Количественный аспект процесса набухания некоторых марок каучуков	230

Молодежные инновационные проекты. Организация и управление инновационными предприятиями при университетах

Иванова Е.Г. Использование новых инвестиционных механизмов в создании и развитии малых предприятий	234
Гудкова Е.И. Кластерный механизм в формировании устойчивого развития малых и средних предприятий	235

Калинин А.Ю. Совершенствование управления интеллектуальной собственностью в рамках деятельности университетского научно-технологического парка	236
Аспирант Ци Цзи История развития инновационной инфраструктуры в Китае	238
Лира А.Г. Влияние бренда на продвижении продукции на рынке	240
Станкус Т.С. Финансовый рычаг как способ формирования структуры капитала предприятия	241
Белинскас А.Б. Прогнозирование объемов продаж с использованием метода полиномиального тренда	243

Научное издание

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

Сборник научных работ
XVII Республиканской студенческой научно-технической конференции

20–22 апреля 2016 года

Технический редактор *Е. О. Германович*

Подписано в печать 21.10.2016. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 29,53. Уч.-изд. л. 11,55. Тираж 50. Заказ 865.

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.