

Министерство образования Республики Беларусь



Белорусский национальный технический университет



Механико-технологический факультет

1 МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2018

Посвящается 60-летию механико-технологического факультета



15 –16 ноября 2018 года

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

ЛИТЬЁ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2018

Сборник научных работ
I Международной научно–практической конференции
студентов и магистрантов

15–16 ноября 2018 года

Минск
БНТУ
2018

УДК 669 (082)
ББК 34.3
Н76

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Иванов И. А., декан механико–технологического факультета, доктор технических наук, профессор

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Пантелеенко Ф.И., член-корр. НАНБ, Заслуженный деятель науки РБ, д.т.н., профессор;

Константинов В.М., д.т.н., профессор;

Лазаренков А.М., д.т.н., профессор;

Немененок Б.М., д.т.н., профессор;

Ровин С.Л., д.т.н., доцент;

Томило В.А., д.т.н., профессор;

Трусова И.А., д.т.н., профессор;

Арабей А.В., к.т.н., доцент;

Бежок А.П., к.т.н., доцент;

Матюшинец Т.В., к.т.н., доцент;

Меженцев А.А., к.т.н., доцент.

РАБОЧАЯ ГРУППА:

Гольцова М.В., д.т.н., доцент;

Горбунова В.А., к.х.н., доцент;

Любимов В.И., к.т.н., доцент;

Науменко А.М., к.т.н., доцент;

Одиночко В.Ф., к.т.н., доцент;

Слущкий А.Г., к.т.н., доцент;

Вейник В.А., старший преподаватель.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Позняк О. А.

СЕКРЕТАРЬ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ

Кулик М.А.

СЕКРЕТАРИАТ:

Кузнецов И.И., Назаров Д.А., Иванов А.И.,

Русевич О.А.

РЕДАКТОР: Бежок А.П.

В настоящий сборник включены материалы докладов I Международной научно–практической конференции студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2018», участники которой выступали по следующим направлениям: «Литейное производство черных и цветных металлов», «Материаловедение в машиностроении», «Машины и технология литейного производства», «Машины и технология обработки металлов давлением», «Металлургические технологии», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Химические технологии и процессы», «Охрана труда и промышленная безопасность».

Пленарное заседание

Механико-технологическому факультету БНТУ исполняется 60 лет

Иванов И.А., доктор технических наук, профессор, декан механико-технологического факультета
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Уважаемые участники конференции. Сегодня мы присутствуем на самом первом пленарном заседании 1-ой Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2018». Формат этой конференции предлагает открытую площадку для общения молодежи, делающей свои первые шаги в научной и инновационной работе. В предлагаемый вашему вниманию сборник тезисов докладов вошли работы студентов вузов Беларуси, Узбекистана, России, Украины. Конечно, не все задуманное удалось воплотить в жизнь до начала конференции. Однако оргкомитет продолжит работу по совершенствованию формы проведения конференции. Сегодня мы предлагаем формат интернет-конференции с заочным участием докладчиков. Однако пленарное заседание, посвященное 60-летию механико-технологического факультета БНТУ, было решено провести в явочном виде. Сборник материалов конференции открывают доклады, сделанные на пленарном заседании.

Факультет был создан как ответ на растущие потребности экономики Беларуси (тогда БССР) в инженерных кадрах в области литейного и кузнечно-штампового производств. Однако факультет родился не на голом месте. Он объединил в себе ряд уже существующих кафедр, которые функционировали в рамках механического факультета Белорусского политехнического института (ныне – Белорусский национальный технический университет). Напомню некоторые исторические этапы:

Одной из старейших кафедр университета является кафедра Химии, которая была основана в 1920 году. Кафедра ведет курсы общей и неорганической, органической, а также физической и коллоидной химии.

1948 г. Создание кафедры «Обработка металлов давлением». Первым заведующим кафедры стал действительный член АН БССР, профессор С.И. Губкина. Первый выпуск инженеров-давленцев механического факультета БПИ состоялся в 1949 году - (5 человек).

В 1953 году открыта кафедра «Металловедение». Современное название кафедра приобрела в 1963 году - «Материаловедение в машиностроении».

Кафедра «Машины и технология литейного производства» основана в 1954 году. Выпуск первых в Беларуси литейщиков состоялся в 1959 году уже в составе механико-технологического факультета.

В 1955 году в Белорусском политехническом институте (БПИ) была создана кафедра «Технология металлов», которая возглавила новое для Республики направление – порошковую металлургию, основанную на безотходных, наукоёмких, ресурсосберегающих технологиях получения материалов и изделий с высокими технологическими свойствами. Это то, что сейчас зовется модным словом – аддитивные технологии. Справедливости ради следует сказать, что тогда не было такого мощного компьютерного обеспечения производства.

Первым заведующим кафедрой был академик НАН Беларуси д.т.н., заслуженный деятель науки и техники БССР, профессор Роман О.В.. Современное название кафедра получила в 1989 году - «Порошковая металлургия и технология материалов».

Постепенно развиваясь факультет обрстал новыми специальностями и специализациями. Сегодня МТФ – это пять специальностей, три из которых _ это 1-360105 «Машины и технология обработки материалов давлением», 1-420101 «Металлургическое производство и материалобработка», 1-360201 «Машины и технология литейного производства», - входят в перечень специальностей наиболее востребованных экономикой, при поступлении на которые выпускники ссузов и общеобразовательных школ, имеющие диплом с отличием или зо-

лотую (серебряную) медаль, зачисляются без вступительных испытаний. Это говорит о том, что мы по-прежнему готовим специалистов нужных стране.

Сегодня МТФ – это около 900 студентов, аспирантов, магистрантов, более 95 преподавателей, 60 опытных и хорошо подготовленных работников из числа учебно-вспомогательного персонала. 30 % студентов – это выпускники ССУЗов. Мы готовим кадры не только для Республики. На факультете учатся студенты из Ирака, Туркменистана, Ирана, России, Украины. В этом году, совместно с Чанчуньским профессионально-технологическим институтом, начата подготовка инженеров по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» по схеме 3+3. В 2017 году, по соглашению между БНТУ и Таббинским металлургическим институтом, начал работу Белорусско-Египетский факультет и консалтинговый центр, в создании которого есть частичка труда работников нашего факультета.

В настоящий момент ведется работа по открытию совместной подготовки специалистов для нужд КНР (совместно с Hefei University of Technology) и Республики Узбекистан – эта работа ведется в рамках соглашения о сотрудничестве с Ташкентским государственным техническим университетом.

С самого начала существования факультета его работники принимали самое непосредственное участие в развитии промышленных предприятий, разработке и внедрении новейших технологий. Так работники факультета руководили базовой лабораторией по холодной штамповке и базовой металловедческой лабораторией Минского тракторного завода. Преподаватели и научные работники факультета принимали активное участие в освоении трубопрокатного производства в условиях Белорусского металлургического завода. Первые работы в СССР по исследованию методов поверхностного упрочнения деталей борированием были выполнены на базе механико-технологического факультета. За годы работы на факультете сложились научные школы:

- * Исследование и разработка технологических процессов плавки черных и цветных сплавов
- * Исследование и разработка новых экологически чистых формовочных материалов
- * Исследование и разработка технологических процессов обработки металлов давлением.
- * Исследований термических и химико-термических процессов воздействия на металлы и сплавы.
- * Ресурсо- и энергосберегающие теплотехнологические процессы в металлургии..
- * Металловедение порошков, современных композиционных материалов из них, защитных покрытий, упрочняющих и восстановительных технологий.

За вклад в развитие промышленного производства Республики многие работники факультета отмечены Государственными премиями БССР и Республики Беларусь, премиями НАН Беларуси, награждены медалями «За трудовые заслуги».

Такие предприятия как НПО Порошковой металлургии, Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Институт повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов промышленности «Кадры индустрии» начинались как небольшие структурные подразделения механико-технологического факультета.

Сейчас на факультете совместно с Министерством промышленности ведется работа по созданию отраслевой лаборатории в области материаловедения. В феврале текущего года на факультете создан Инновационный производственный центр медицинского оборудования и изделий.

Сегодня в структуру факультета входят семь научно-исследовательских лабораторий, Инновационный производственный центр медицинского оборудования и изделий, два студенческих конструкторских бюро.

Во всех этих научных подразделениях у вас, как у студентов МТФ, есть возможность работать: участвовать в освоении новых технологий; создании новых материалов; практическом изучении технологических процессов обработки материалов или их получения; углубление своих теоретических знаний, полученных на лекциях; получение практических навыков работы.

Ясно, что участие в такой работе – это не прогулка. Путь тернист и требует самодисциплины и упорства.

Ваше участие в этой работе может вестись в разной форме. Это: выполнение исследовательских работ в рамках дисциплины «Основы научных исследований»; работа по более углубленному изучению отдельных вопросов в рамках изучаемой дисциплины при помощи и поддержке преподавателя; работа в студенческом конструкторском бюро; работа на кафедре или в том же студенческом конструкторском бюро в рамках студенческого исследовательского гранта под руководством наставника; участие в Республиканском конкурсе студенческих научных работ.

Для помощи в научной работе и публикации её результатов на факультете проводится две студенческие конференции:

Республиканская студенческая научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии их обработки». Традиционно проходит в апреле. В этом году прошла 19-ая по счету. По итогам работы этой конференции оргкомитет отобрал лучшие работы для участия в Республиканском конкурсе научных работ студентов белорусских вузов.

Международная научно-практическая конференция «Литьё и металлургия». В этом году она проводится в рамках международного молодёжного форума БНТУ «Креатив и инновации 2018» и посвящена 60-летию МТФ.

Лучшие научные работы, в которых принимали участие студенты, магистранты или аспиранты публикуются в журнале «Литьё и металлургия». Это научно-практический журнал. Издается с 1997 года. Выходит раз в квартал. Распространяется в РБ, РФ, Украине, Литве, Казахстане, Чехии, Польше, Германии, Франции. Журнал включен в Перечень научных публикаций РИНЦ, DOAJ. Directory of Open Access Journals (DOAJ) – это международный мультидисциплинарный каталог журналов открытого доступа. Он содержит более 10000 названий научных журналов и метаданные статей этих журналов. На сегодня DOAJ интегрирован в электронные библиотеки университетов по всему миру. Научные издания, входящие в DOAJ, получают широкую доступность. Это значительно повышает уровень цитирования публикаций, импакт-фактор самого журнала. Поддерживает интерес иностранных исследователей к научным работам отечественных ученых.

На факультете работает два студенческих конструкторских бюро:

Бюро «Сплав» при кафедре «Металлургия черных и цветных сплавов», научный руководитель к.т.н., доцент Слуцкий А.Г.;

Бюро «Материаловедение» (научный руководитель – д.т.н., профессор Константинов В.М.)

Наши студенты ежегодно активно участвуют в работе Форума вузов союзного государства, Белорусско-китайского молодёжного инновационного форума «Новые горизонты» и в других международных мероприятиях.

В заключении моего выступления разрешите мне пожелать нам всем плодотворной работы и интересного общения с единомышленниками.

Организация деятельности студенческого научно-исследовательского бюро «Сплав»

Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одной из популярных форм вовлечения студенческой молодежи в науку являются **студенческие научно-исследовательские лаборатории (бюро)**. Они представляют собой коллективы увлеченных наукой молодых людей, которые под наставничеством опытных ученых и педагогов работают над конкретной научной проблемой, участвуют в конференциях, семинарах, симпозиумах, вебинарах и других научных мероприятиях, приобретают навыки написания научных статей.

Студенческое научно-исследовательское бюро (СНИБ) является одной из форм организации научно-исследовательской работы студенческой молодежи в Белорусском национальном техническом университете. СНИБ организуется с целью повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов, владеющих новейшими достижениями науки, имеющих организаторские навыки в проведении коллективной научно-исследовательской и инновационной деятельности.

Целью научно-исследовательской работы с молодежью является создание единой научно-образовательной среды в университете для реализации творческих способностей студентов, формирования высокопрофессиональной и творчески активной личности обучающегося путем привития навыков научно-исследовательской и научно-организационной работы, развития научно-технического потенциала.

Основными задачами деятельности СНИБ являются:

- привлечение к научной работе наиболее способных студентов и магистрантов;
- включение молодежи в научно-исследовательскую и инновационную деятельность по приоритетной тематике;
- освоение студентами методов и приемов самостоятельного научного исследования, приобретение навыков научно-организационной работы;
- создание научного задела у студентов и магистрантов для успешного обучения в магистратуре и аспирантуре;
- обеспечение мероприятий по пропаганде и популяризации передового научного опыта, достижений науки и техники;
- участие в организации и проведении молодежных научных мероприятий республиканского уровня (семинары, конференции, форумы, выставки).

В работе СНИБ могут принимать участие студенты всех курсов, успешно выполняющие учебный план, обладающие творческим подходом к решению задач научно-исследовательской, экспериментальной и инновационной деятельности. В состав СНИБ могут входить магистранты и аспиранты, преподаватели, научные работники университета.

На кафедре «Металлургии чёрных и цветных сплавов» научно-исследовательская работа студентов (НИРС) является одним из этапов подготовки инженеров металлургического профиля и направлена на расширение, углубление и закрепление теоретических знаний и практических навыков студента. НИРС развивает способность студента активно и творчески использовать полученные общенаучные, общеинженерные, экономические и другие знания для решения современных задач литейного и металлургического производства.

С целью повышения уровня подготовки студентов, магистрантов и аспирантов при научно-техническом содействии кафедры с 2007 года в составе НИИЛ «Литейные технологии» функционирует студенческое научно-исследовательское бюро «Сплав». Научным руко-

водителем в настоящее время является кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлургия черных и цветных сплавов», СЛУЦКИЙ Анатолий Григорьевич.

В 2017/2018 учебном году в состав студенческого научно-исследовательского бюро «Сплав» входят 8 студентов, 4 магистранта, 1 аспирант и профессорско-преподавательский состав кафедры «Металлургия чёрных и цветных сплавов». На рисунке 1 представлены направления деятельности СНИБ «Сплав».



Рисунок 1 – Направления деятельности СНИБ «Сплав»

Результатом научной деятельности участников студенческого научно-исследовательского бюро «Сплав» является участие в Международных и Республиканских конференциях и Форумах, участие в Республиканском конкурсе научных работ студентов высших учебных заведений, публикации в научных журналах и сборниках, участие в научных исследованиях, осуществляемых как по Грантам Министерства образования Республики Беларусь и Государственной программе научных исследований, так и хозяйственным договорам.

Ежегодно по результатам выполнения НИРС на механико-технологическом факультете проходит Республиканская студенческая научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии их обработки», на которой студенты выступают с докладами, по результатам которой издается сборник научных работ.

Студенты, магистранты и аспиранты принимают участие в Республиканских и Международных конференциях и семинарах, конкурсах, выставках:

- Форум проектов программ Союзного государства – III Форум вузов инженерно-технологического профиля;
- Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»;
- Промышленная выставка «Металл-Экспо» (г. Москва);
- Литейные процессы: Межрегион. сб. науч. тр. (Магнитогорск);
- Литье и металлургия (г. Минск);
- Республиканский молодежный проект «100 идей для Беларуси» (г. Минск);
- Инновационные решения проблем экономики знаний Беларуси и Казахстана (Минск);
- Материалы XIII МНПК «Литье. Металлургия» (Запорожье, Украина);

– Металлургия XXI столетия глазами молодых, IV МНПК студентов (Донецк, Украина).

Высокий уровень подготовленности к научно-исследовательской работе показывают участники СНИБ «Сплав» на Республиканском конкурсе студенческих научных работ. За последние годы в конкурсе приняли участие **22** студента и магистрантов, из которых **22** чел. стали победителями и призерами, **7** научных работ – 1-ю категорию, **1** научная работа – 2-ю категорию, **3** научные работы – 3-ю категорию. Опубликовано более 150 статей и тезисов докладов в соавторстве за период деятельности студенческого бюро, получено 2 патента.

Студенты, магистранты и аспиранты бюро «Сплав» становились лауреатами Специального Фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов, победителями и призерами Республиканских и Международных конкурсов научных работ и научно-технических разработок в области металлургических, литейных и информационных технологий, в том числе: Республиканского конкурса научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь, XIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (г. Санкт-Петербург), международной специализированной выставки «Мир металла», Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки» и др.

Ко Дню белорусской науки по итогам конкурса Грамотой «Лучший студент-исследователь» награжден студент, а впоследствии магистрант СНИБ «Сплав» Кулинич И.Л. (2015, 2016, 2017 гг.).

Лучшие студенты БНТУ приглашаются на Республиканский Бал выпускников, в котором принимает участие Президент Республики Беларусь. Два студента-выпускника МТФ, работающих в бюро «Сплав» удостоены этой почетной миссии в 2014 г. – Шульга А.В., в 2016г. – Кулинич И.Л.

Решением совета специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов поощрены следующие студенты и магистранты бюро «Сплав» Билиба Н.Э., Дайлиденко А.А., Комарова Т.Д., Кулинич И.Л., Иванов А.И., Ковалевич Э.В., Горбель И.А., Позняк О.А., Кулик М.А., Красовский А.Л.

По итогам научной деятельности БНТУ студенческое научно-исследовательское бюро «СПЛАВ» награждено Дипломом, победившее в конкурсе «Лучшее студенческое научно-исследовательское подразделение 2017 года».

Научно-исследовательская работа студентов в составе таких объединений это отличная возможность показать себя в деле!

Обеспечение промышленной безопасности путём оценки личностных компетенций работников

Магистрант группы МБМ-17-04 Кокурина О.А.
Научный руководитель доц., к.т.н. Волохина А.Т
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина, Москва

По данным Ростехнадзора главными причинами аварийности и травматизма на предприятиях нефтегазового комплекса являются системные грубые нарушения требований безопасности, связанные с низкой производственной дисциплиной персонала, недостаточной квалификацией работников, безответственностью руководителей предприятий различных уровней, а также с неэффективностью систем управления промышленной безопасностью. Одним из функциональных элементов указанных систем является оценка уровня соответствия профессиональных компетенций работников требованиям промышленной безопасности. При проведении оценки персонала для нефтегазовых предприятий важно учесть все аспекты, характеризующие работника: личностные качества, профессиональные навыки, состояние здоровья, способность к обучению, т.е. разработать необходимую компетентностную модель.

Все исследования по разработке компетентностной модели проходили на примере операторов технологических установок (далее - ТУ) Усинского газоперерабатывающего завода ООО «ЛУКОЙЛ-Коми».

В ходе работы для определения основных функциональных обязанностей операторов ТУ был проведен анализ их производственных инструкций, но этого недостаточно, чтобы выделить основные профессиональные компетенции операторов ТУ.

Министерство труда и социальной защиты РФ разрабатывает и утверждает все новые профессиональные стандарты (далее – ПС). Необходимость введения ПС была обусловлена тем, что характеристики должностей, содержащиеся в единых квалификационных справочниках (ЕКС), не соответствовали современной ситуации на рынке труда. Действующие квалификационные справочники должностей не всегда отвечают современным требованиям, поскольку многие перечисленные в них профессии не применяются, а многие востребованные профессии в них и вовсе не закреплены. Описание же требований к специалисту в ПС носит комплексный характер, в них устанавливается более современная система требований к знаниям, умениям, профессиональным навыкам и опыту работы.

Таким образом, ПС представляют собой более удобную и детализированную систему, определяющую минимальные требования к квалификации работников для конкретных должностей, которые также стоит учитывать при разработке компетентностной модели оценки работника. Поэтому следующим шагом в работе были выделены основные компетенции согласно требованиям, предусмотренным профессиональным стандартом «Оператор технологических установок нефтегазовой отрасли»;

В результате проведенного анализа требований к операторам ТУ, предусмотренных производственной инструкцией и профессиональным стандартом, был сделан вывод, что основным недостатком и производственных инструкций, и ПС является то, что в них указаны только требования к профессиональным навыкам работника, а требования к личностным качествам отсутствуют.

Для того чтобы устранить этот недостаток и включить в компетентностную модель оценку индивидуальных профессионально важных качеств (далее – ПВК), в работе был применен метод экспертного опроса с использованием опросника Липмана. В качестве экспертов выступили 7 работников ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», которые хорошо знают требования, предъявляемые к операторам ТУ.

После математической обработки результатов экспертного опроса, включающей оценку степени согласованности мнений экспертов, были выделены ПВК, определяющие ус-

пешность и безопасность производственной деятельности операторов ТУ: внимание, моторные, сенсорные, эмоциональные, мыслительные качества и образное мышление.

На основе результатов исследования нормативной базы и требований работодателей к профессиональным и личностным качествам работников были выделены основные компетенции, которые сформированы в компетентностную модель оценки операторов ТУ.

В представленной компетентностной модели оценки операторов ТУ, особое внимание уделяется личностным компетенциям (интеллектуальным и психофизиологическим), которые состоят из выделенных ПВК.

Существующая система обучения в области промышленной безопасности позволяет оценивать только профессиональные компетенции, поэтому в работе предложена усовершенствованная модель системы обучения в области промышленной безопасности (Рисунок 1).

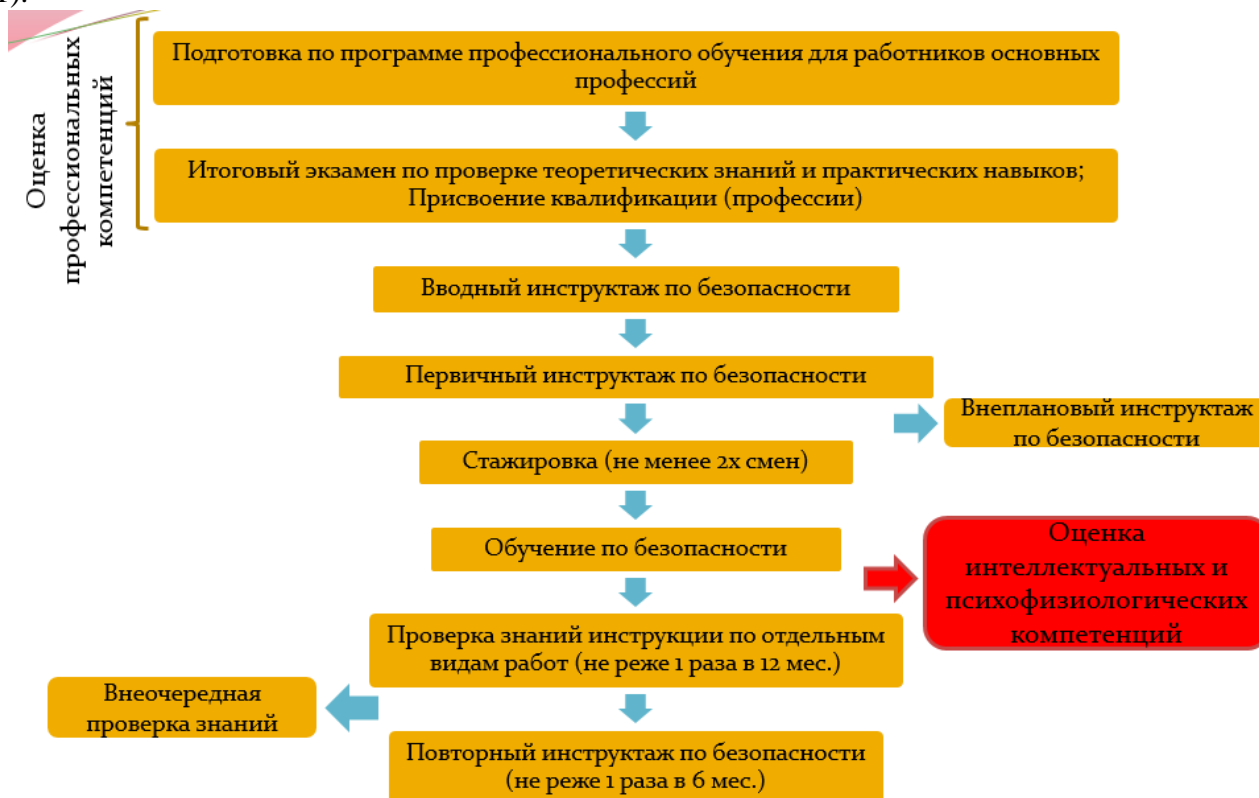


Рисунок 1 - Модель совершенствования системы обучения в области ПБ

Предложенная модель обучения предполагает проведение оценки индивидуальных профессионально важных качеств при организации обучения по безопасности.

С помощью предложенного метода можно оценивать не только операторов ТУ, а работников абсолютно разных профессий.

Преимущество предложенного подхода заключается в том, что разработана актуальная модель оценки персонала, устанавливающая соответствие между ключевыми показателями эффективности деятельности и степенью выраженности компетенций. Представленная модель сочетает в себе результативно-деятельностный и компетентностный подходы, что позволяет оценивать работников более эффективно и качественно, получая в итоге более точную и полную информацию об их соответствии занимаемой должности.

В дальнейшем процедура оценки личностных компетенций будет усовершенствована путем разработки автоматизированной программы, что сократит время, которое будет затрачено как на прохождение тестов, так и на обработку результатов оценки. А также в планах разработать тренинги для тренировки индивидуальных профессионально важных качеств работников.

Возможные меры устранения нарушений в зонах минимальных расстояний магистральных трубопроводов

Магистрант группы МБМ-17-04 Созинова Д. Н.
Научный руководитель доц., к.т.н. Фомина Е. Е.
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина, Москва

Трубопроводный транспорт в России является стратегически важным, так как обеспечивает транспортировку нефти и природного газа. По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году общая протяженность линейной части магистральных трубопроводов составляет более 257,82 тыс. км.

Магистральные трубопроводы (далее – МТ) являются опасными производственными объектами и могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей, а также имущества, расположенного в непосредственной близости от трассы. Поэтому Сводом правил 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы» установлены зоны минимально-допустимых расстояний (далее – МДР) от осей трубопроводов до населенных пунктов, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений, отдельно стоящих нежилых и подсобных строений, гаражей и открытых стоянок для автотранспорта, коллективных садов, автомобильных и железных дорог в зависимости от диаметра трубопровода, степени ответственности объектов и служат для обеспечения безопасности этих объектов.

В ходе проведенных проверок и наблюдений за исполнением обязательных требований промышленной безопасности предприятий трубопроводного транспорта регулярно выявляются следующие нарушения, связанные с несанкционированным ведением земляных работ и несанкционированными застройками в зонах МДР.

Нередко происходят случаи, когда владельцы недвижимости узнают о факте нарушения МДР только после ее приобретения или завершения строительства, так как не все участки трубопроводов были включены в реестр и отсутствовали на картах. По некоторым подсчетам на сегодняшний день только Московской области в опасной близости к МТ находятся около 6 тысяч объектов.

Существует несколько основных способов решения указанной проблемы:

1. Снос построек, находящихся в зоне МДР;
2. Перенос трассы МТ на безопасное расстояние от построек;
3. Разработка обоснования безопасности (далее – ОБ).

В данной работе рассмотрена возможность разработки ОБ при нарушении зоны МДР МТ. Возможность разработки ОБ предусмотрена Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в соответствии с которым ОБ разрабатывается в случае если требуется отступление от требований промышленной безопасности, установленных федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности

При разработке ОБ осуществляется оценка риска аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы. Данный элемент ОБ является одним из основных, так как именно на основании результатов оценки риска разрабатываются компенсирующие мероприятия и подтверждается их достаточность.

Алгоритм обоснования достаточности мер, компенсирующих отступление от требований промышленной безопасности, при обосновании безопасности приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 - процедура обоснования достаточности мер, компенсирующих отступление от требований промышленной безопасности

Таким образом, при разработке и реализации компенсирующих мероприятий, позволяющих уменьшить риск до допустимых значений, МДР могут быть уменьшены.

В качестве типовых компенсирующих мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию МТ, могут быть предложены следующие меры:

- пересмотр срока безопасной эксплуатации МТ не реже 1 в год;
- комплексная внутритрубная диагностика не реже 1 раза в 5 лет;
- применение усиленного защитного заводского покрытия труб;
- применение защитных инженерных сооружений для ограничения разлива продукта;
- увеличение стенки трубы;
- дополнительные требования к хим. составу и прочности труб и сварных соединений и другие.

Компенсирующие мероприятия должны разрабатываться для каждого случая нарушения МДР с учетом специфики участка МТ и условий его эксплуатации.

Алюминиевые шлаки – источник материалов для внепечной обработки стали

Студенты гр. 10405114 Позняк О. А., Кулик М. А.,
гр. 10405527 Саленко И. Б., гр.10405117 Касперович И. А.
Научный руководитель – Трибушевский Л. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для получения качественной стали на металлургических комбинатах проводят её внепечную обработку, которая обеспечивает получение требуемого химического состава и температуру расплава, снижение в нём количество неметаллических включений. Анализ динамики изменения требований по содержанию примесей в сталях показал, что с 1070-го по 2010 год допустимая концентрация серы снизилась на порядок (0,3–0,003%). По прогнозируемым показателям допустимое содержание серы в ряде марок сталей к 2020 году должно снизиться до 0,002%. Наиболее оптимальные режимы внепечной обработки стали обеспечиваются при наведении на установке «печь-ковш» высокоосновных жидкоподвижных малоокисленных рафинировочных шлаков системы CaO–SiO₂–Al₂O₃–MgO. В значительной степени рафинирующая способность шлаков зависит от их жидкоподвижности, поскольку процессы десульфурации и раскисления получили своё развитие на границе шлак–расплав. На большинстве предприятий для этих целей используется плавиковый шпат (CaF₂), который является экологически опасным веществом, обладающим высокой стоимостью и агрессивно взаимодействует с футеровкой сталеразливочного ковша.

В ряде работ отмечается положительное влияние оксида Al на жидкоподвижность рафинировочных шлаков. Термодинамическими расчётами в интервале температур 400–1873 К подтверждена вероятность образования в рафинировочных шлаках ряда алюминатов и алюмосиликатов Ca.

Химические реакции образования алюминатов и алюмосиликатов кальция:

- 1) $(4/3) 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (1/3) 12 \text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 2) $12/7\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (1/7) 12 \text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 3) $3\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
- 4) $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
- 5) $(1/2) 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 3/2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
- 6) $1/2\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = (1/2) \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 7) $(1/5) 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (3/5) \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 8) $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 9) $(1/17) 12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (12/17) \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 10) $(1/5) 12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (12/5) \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 11) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$;
- 12) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$;
- 13) $1/3\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SiO}_2 = (1/3) 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$;
- 14) $1/2\text{Al}_2\text{O}_3 + 1/2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = (1/2)\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$;
- 15) $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$;

На рисунке 1 представлена информация по изменению энергии Гиббса этих реакций. Из представленной информации следует, что при температурах сталеварения возможно образование ряда алюминатов и алюмосиликатов Ca с температурой плавления в диапазоне 1527–1765 °С. Поэтому эффект повышения жидкотекучести рафинировочных шлаков от добавки Al₂O₃ следует связать не с образованием алюминатов и алюмосиликатов Ca, а с появлением ряда легкоплавких эвтектик с температурой плавления 1170–1335 °С в тройной системе CaO–Al₂O₃–SiO₂ и 1160–1295 °С в четверной системе CaO–SiO₂–Al₂O₃–MgO.

Температуры плавления алюминатов и алюмосиликатов Ca:

- 1) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (1532°C);
- 2) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (1610°C);
- 3) $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (1765°C);
- 4) $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (1553°C);
- 5) $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (1593°C);
- 6) $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (1527°C);
- 7) $4\text{MgO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (1475°C).

Температура плавления легкоплавких эвтектик системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$: 1170°C, 1265°C, 1310°C, 1345°C, 1355°C.

Температуры плавления легкоплавких эвтектик системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}$: 1160°C, 1222°C, 1295°C.

Температуры плавления легкоплавких эвтектик системы $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}$: 1355°C, 1365°C.

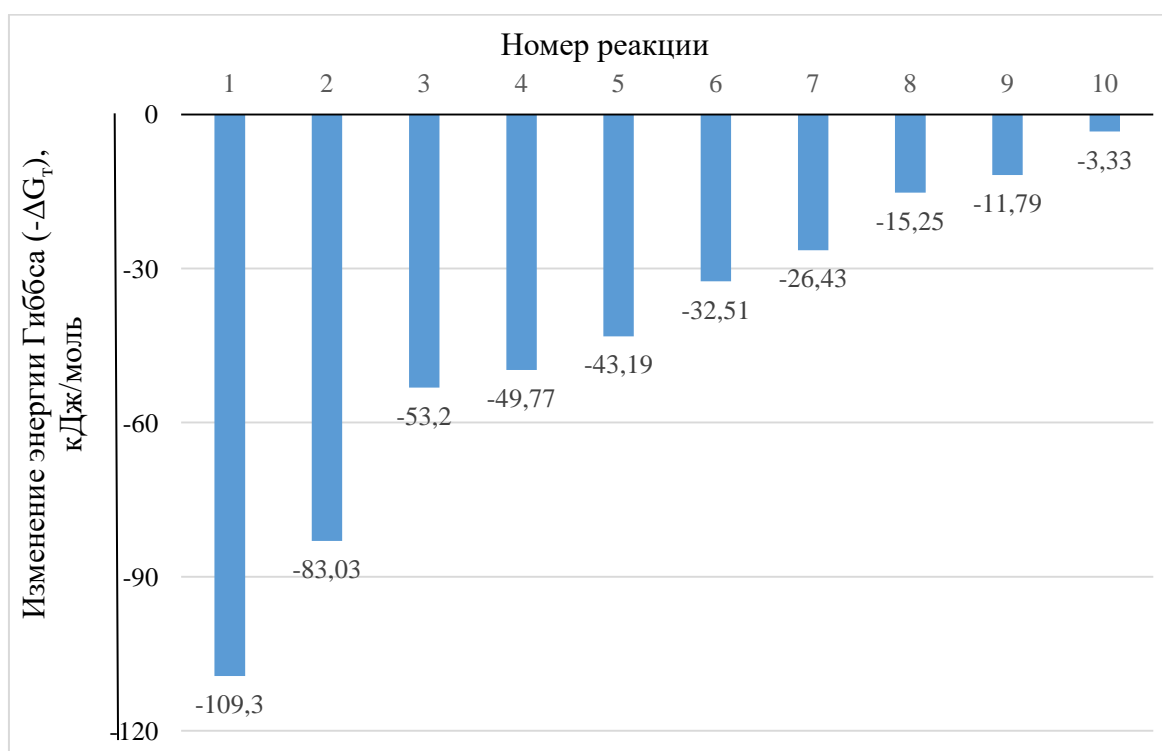


Рисунок 1 – Изменение энергии Гиббса реакций образования алюминатов кальция при температуре 1873 К (реакции 1-10)

В качестве источника Al_2O_3 предлагается использовать отсев алюминиевого шлака с фракцией < 8мм.

По данным химического анализа (таблица 1) также шлаки содержащие 78–80% Al_2O_3 . Поэтому корректировку состава рафинировочных шлаков по содержанию Al_2O_3 с целью их разжижения можно проводить с использованием отходов переработки вторичного алюминия (ОПВА). Для выбора оптимального состава разжигателя используется метод математического планирования экспериментов, где в качестве независимых переменных применяется содержание CaO, время сушки брикетов и температура их сушки.

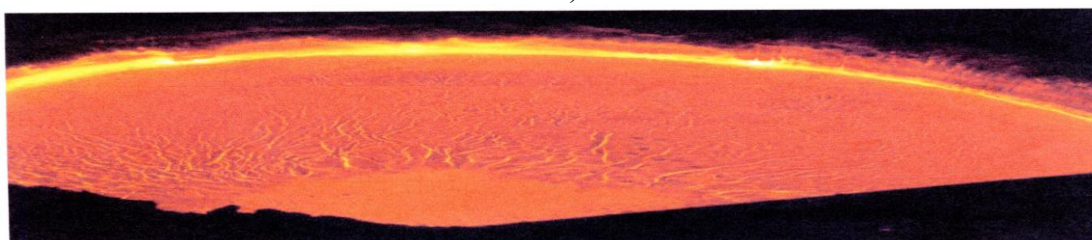
Таблица 1 – Результаты химического анализа проб отсева ОПВА с фракцией менее 8 мм

Содержание компонентов, %	Номер пробы						Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	
Al ₂ O ₃	81,6	78,3	81,05	81,15	81,1	80,2	80,4
CaO	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,6	0,8
MgO	1,9	1,6	1,3	2,2	1,5	2,8	1,9
Fe ₂ O ₃	5,3	5,4	6,1	5,6	6,1	6,0	5,8
SiO ₂	4,4	4,6	4,6	4,0	3,4	3,6	4,1
CuO	1,7	3,0	2,5	2,7	2,3	2,7	2,5
ZnO	1,0	1,6	1,6	1,8	1,2	1,1	1,4
Na ₂ O	1,0	1,0	0,2	0,7	1,4	0,6	0,8
Cl	0,6	1,5	0,2	0,2	0,5	0,8	0,6
K ₂ O	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3
TiO ₂	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
MnO	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
NiO	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
PbO	0,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
Другие	0,5	0,5	0,05	0,05	0,5	0,5	0,4
Итого примеси	18,4	21,7	18,95	19,85	18,9	19,8	19,6

Установлено, что максимальная прочность брикетов на основе ОПВА, при минимальной осыпаемости, обеспечивается, при 40% CaO после 15 минут сушки при 200°C. Используя полученные результаты на валковом прессе, была изготовлена опытная партия брикетов. Присадка таких брикетов в количестве 250 кг на количество рафинировочного шлака 100 тонного сталеразливочного ковша обеспечила заметное разжижение шлака (рисунок 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Поверхность рафинировочного шлака до (а) и после (б) добавки разжижителя на основе ОПВА

Данные по химическому составу шлака и коэффициент распределения серы в рафинировочном шлаке до и после добавки разжижителя приведены в таблице 2. Из таблицы следует, что добавки разжижителя приводят к повышению в шлаке содержания CaO и Al₂O₃ и снижают содержание оксида Fe, при этом коэффициент распределения серы повышается с 123 до 146, что свидетельствует о лучшей десульфурующей способности шлака.

Таблица 2 – Химический состав шлаков и коэффициент распределения серы (L_s)

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

Таким образом, использование ОПВА для производства разжижителей рафинировочного шлака позволяет обеспечить необходимую жидкоподвижность рафинировочного шлака; повысить его десульфуризирующую способность за счёт повышения коэффициента распределения серы; снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, исключив использование CaF₂ и захоронение отвальных алюминиевых шлаков.

Комплексный подход к вопросам улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей

Студенты гр. 10404115 Русевич О.А., Цыганков А.А.
Научный руководитель: Гуминский Ю.Ю.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из направлений будущего литейного производства состоит в необходимости создавать экологически чистые производства с минимальными затратами на материалы и очистку пылегазовых выбросов, в этом плане существенную роль должны играть экологически чистые формовочные и стержневые смеси [1]. Однако, литейное производство одно из наиболее экологически неблагоприятных. Вопросы экологии в настоящее время выходят на первый план в развитии промышленности и общества не только в РБ, но и во всем мире.

Решением проблемы может быть переход от ХТС смесей, в которых в качестве связующих материалов используются органические смолы, на экологически безопасные жидкостекольные.

Жидкостекольные смеси обладают высокими технологическими свойствами и одновременно имеют высокие экологические показатели. Так же при заливке форм, изготовленных из жидкостекольных смесей, выделяются только паробразный кислород и водород. Основным же недостатком жидкостекольных формовочных и стержневых смесей является затрудненная выбивка в следствии высокого процентного содержания жидкостекольного связующего.

Существует множество предложений по вопросам уменьшения работы, затрачиваемой на выбивку жидкостекольных стержней из отливок. К ним относятся: модифицирование, использование высокомодульного жидкого стекла, добавление органических веществ и т.д. Но в большинстве случаев, предлагаемые рекомендации часто носят противоречивый характер. Зачастую предложенные решения ухудшают не только другие технологические свойства смесей, но и экологические показатели в следствии деструкции различных органических добавок и не только.

Когда речь заходит о выбиваемости жидкостекольных смесей, к ее улучшению стоит подходить комплексно.

Наиболее перспективным направлением в технологических процессах изготовления форм и стержней из жидкостекольных смесей являются комбинированные способы упрочняющей обработки, которые объединяют преимущества известных способов, это позволяет увеличить эффективность их внедрения в реальных условиях производства [2].

Комбинированный способ отверждения смесей на высококремнеземистом жидком стекле (ВКЖС) основывается на технологии на совмещении теплового упрочнения стержней на определенную глубину от поверхности (термо-шок-процесс) и скоростного химического (CO_2 – продувка) или химико-вакуумного упрочнения остальной части стержня [3]. Тепловая обработка обеспечивает высокую прочность, в 5 – 7 раз превышающую прочность после химического упрочнения углекислым газом.

Улучшение выбиваемости смесей из отливок, предлагается за счет повышения модуля жидкого стекла до 3,3 – 3,8, что способствует более быстрому тепловому и химическому упрочнению при уменьшении удельного расхода углекислого газа.

Использование вакуума позволяет проводить термо-вакуумное и термо-химико-вакуумное упрочнение. Ускорение процесса термохимического упрочнения происходит вследствие улучшения фильтрации паров воды и углекислого газа через поры смеси, путем использования вакуумирования форм и стержней в оснастке при разряжении 0,02 – 0,025 МПа.

Эффективность способа комбинированного отверждения смесей на высококремнеземистом жидком стекле связана с кратковременным интенсивным тепловым воздействием для отверждения стержня с поверхности в нагреваемой оснастке (термо-шок-процесс) и скоростного химического или химико-вакуумного упрочнения остальной части стержня.

Для реализации различных способов комбинированного упрочнения необходимо детальное теоретическое обоснование предлагаемых решений и проведение экспериментальных исследований с целью определения оптимальных технологических параметров процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Кукуй Д.М.** Технология процессов смесеприготовления и изготовления песчаных литейных форм: монография / Д.М. Кукуй, А.П. Мельников, С.Л. Ровин, Д.М. Голуб, В.Ф. Одиночко.; под общ. Ред. Д.М, Кукуя. // БНТУ. – Минск, 2009. – 437 С.
2. **Крутилин А.Н.** Повышение эффективности использования жидкостекольных смесей. обзорная информация. Ч. 1. Модифицирование / А.Н. Крутилин, Ю.Ю. Гуминский, О.А. Русевич, и др. // Литьё и металлургия. – 2018. – № 1. С. 47-54.
3. **Иткис З.Я.** Изготовление стержней из жидкостекольной смеси в нагреваемой оснастке / Иткис З.Я., Никифорова М.В., Никифорова А.П. // Литейное производств. – 1995. – №4. – С.37.

Литейное производст- во черных и цветных металлов

УДК. 621.74:669.13

Анализ состава красок, используемых для литья по газифицируемым моделям

Студент гр. 10405117: Уласик А.С., Бойко М.В., Малышко Е.А., Далецкий А.Р.,
гр. 10405317: Микишко Е.В.

Научный руководитель: Барановский К.Э.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Среди последних промышленных способов получения отливок, созданных во второй половине двадцатого века, литье по газифицируемым моделям уверенно расширяет свои объемы и географию внедрения. В России, Украине и Республике Беларусь работает более ста предприятий, использующих литье по газифицируемым моделям.

В сравнении с методом литья в классические песчаные формы окрашивание не только повышает качество отливок, защищая от пригара, но обуславливает принципиальную возможность получения годных отливок, так как при заливке формы металлом полистирольная модель разрушается с образованием парогазовой фазы, которая должна свободно транспортироваться из зоны взаимодействия модели с металлом через покрытие, поэтому к покрытию предъявляется ряд требований: высокая термостойкость, оптимальная газопроницаемость, высокая прочность на истирание и т.д., что резко усложняет подбор подходящих компонентов в качестве термостойкого наполнителя.

По патентам очень сложно установить точный состав красок. В настоящее время основное количество патентов для красок, используемых при литье по газифицируемым моделям, принадлежит Китаю. Часть патентов - это патенты крупных мировых фирм, например: GM Global Technology Operations, Huttenes-Albertus. Во всех случаях состав основных термостойких компонентов наполнителя приводится в очень широком диапазоне. Поэтому, представляло интерес провести исследование химического состава нескольких импортных красок используемых на предприятиях Республики Беларусь.

Исследования проводились на высушенной краске производства HUTTENES-ALBERTUS (Германия). Результаты химического анализа на рисунке 1 и в таблице 1

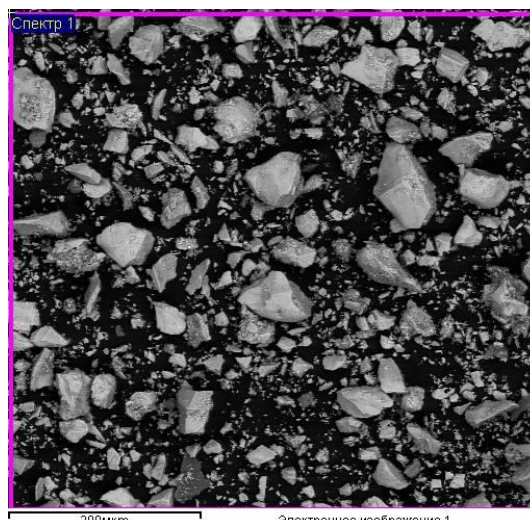


Рисунок 1 – Локализация точек исследования химического состава образца краски по газифицируемым моделям

Таблица 1 – Результаты анализа химического состава краски

Спектр	O	Mg	Al	Si	Ca	Zr
Спектр 1	45.79	0.47	0.63	12.97	0.13	40.01

Исследования показали, что это краска на циркононовой основе (силикат циркония), с размером частиц 5-50 мкм и дополнительными противопопригарными добавками в виде карбонатов кальция и магния.

Так же был проведен химический анализ краски для газифицируемых моделей марки Polytop FS3 ASK (Германия) результаты представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

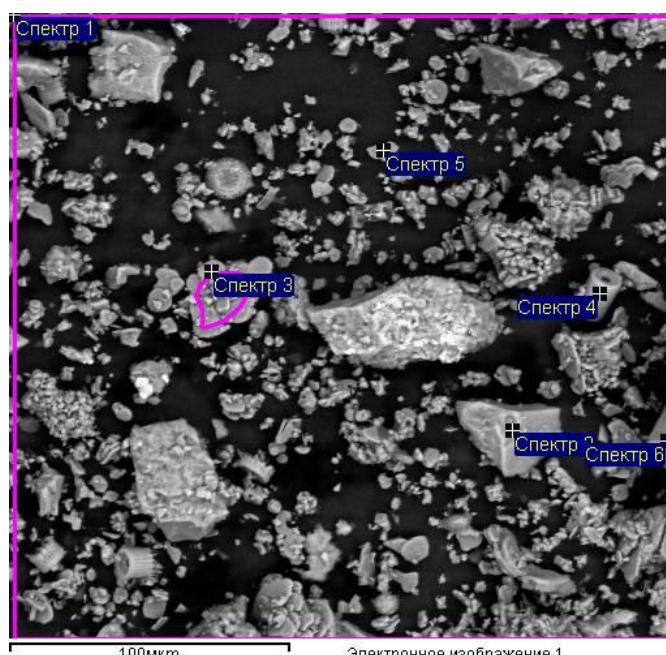


Рисунок 2 – Локализация точек исследования химического состава образца краски Polytop FS3

Таблица 2 – Результаты анализа химического состава краски Polytop FS3

Спектр	O	Al	Si	Ti	Fe
Спектр 1	52.84	35.17	11.03		0.67
Спектр 2	49.39	24.60	24.75	0.57	0.69
Спектр 5	48.85	50.28	0.87		
Спектр 6	58.59	20.68	20.11	0.20	0.43

Исследования показали, что это краска на основе алюмосиликатов и оксида алюминия, размер частиц 10-60 мкм.

Проведенные исследования нескольких красок ведущих производителей показали, что изготовители используют высоко термостойкие вещества: силикат циркония, алюмосиликаты, оксид алюминия. Состав термостойких наполнителей и их количество производителем точно не указывается. Количество и состав технологических добавок в открытой литературе не приводится.

Результаты проведенной работы позволяют заключить, что комбинация материалов с особыми свойствами: силиката циркония ($ZrSiO_4$) с высокой термостойкостью, дистенсиллиманита ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) с высокой газопроницаемостью, оксида алюминия (Al_2O_3) при его широкой доступностью, позволит получить термостойкое покрытие с комплексным наполнителем для литья по газифицируемым моделям с наилучшими свойствами.

Требования к составу сплавов на основе цинка

Магистрант Шишпор К.Д., студент гр.10404115 Кижаккин С.А.

Научный руководитель Рудницкий Ф.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Первые сведения о цинке относятся к V в. до н. Э. Чистый цинк долгое время не удавалось получить, хотя сплав его с медью известен давно. В 1746 г. Моргграфом разработан способ получения металла прокаливанием его оксида с углеродом без доступа воздуха в огнеупорных ретортах с последующей конденсацией паров цинка в холодильниках. Начало производства цинка относится к XVII в.

Впервые цинковые сплавы для литья под давлением (ЛПД) применили в 60-х годах прошлого столетия; тогда они содержали повышенное количество олова, имели низкую температуру плавления, легко отливались и хорошо заполняли форму, но были недостаточно прочны. Впоследствии было установлено, что присутствие олова в сплавах способствует разъеданию стальных частей литейного оборудования; в процессе приготовления сплава олово окисляется, что снижает жидкотекучесть сплава.

Первые сплавы, содержащие > 10% Al, имели серьезные и непредвиденные недостатки - отливки сильно изменялись со временем в размерах, имели трещины и разрушались от коррозии, особенно в теплой и влажной атмосфере. Было обнаружено, что межкристаллитная коррозия отливок происходит в основном под действием примесей (Sn, Pb и Cd), и предложено применять цинк высокой чистоты. Был введен сплав для ЛПД с 4% Al, 3% Cu, остальное - Zn (99,9%). Это была первая попытка стандартизации сплавов для ЛПД.

Было показано, что помимо межкристаллитной коррозии цинковые сплавы для ЛПД подвержены старению, связанному со структурными изменениями в сплавах, содержащих алюминий и медь, которые происходят в твердом состоянии. В некоторых цинковых сплавах структурные изменения протекают в течение нескольких лет и настолько незначительны, что их можно не учитывать. В других сплавах они происходят настолько быстро и значительно, что отливки из них коробятся, искривляются и могут разбиваться от малейшей нагрузки или вообще разрушаются самопроизвольно.

В связи с этим в 1930 г. в производство был введен сплав без меди, но из-за ухудшенных по сравнению со сплавом с 3% меди механических свойств был предложен сплав с 1% Cu, который до сих пор является одним из наиболее распространенных сплавов для ЛПД.

С целью устранения межкристаллитной коррозии (подавления влияния вредных примесей и замедления процесса старения) в цинковые сплавы вводится небольшое количество магния. Добавки магния также способствуют измельчению зерна и улучшают механические свойства. Отливки с присадкой магния через 2 года обнаруживали почти такую же прочность и удлинение, как и новые отливки. Оба же этих свойства в сплаве, отлитом без магния, через 2 года естественного старения снизились вдвое.

Для замедления процесса естественного старения, сохранения оптимальных свойств сплава и устранения склонности к межкристаллитной коррозии достаточно ввести в сплав 0,1% Mg. Увеличение содержания Mg до 0,2-0,5% несколько снижает механические свойства сплава и увеличивает склонность сплава к краснотомкости, а также ухудшает литейные свойства сплава из-за обрастания оксидных плен на поверхности расплава.

Основными примесями в цинковых сплавах для ЛПД являются Pb, Sn, Cd, Fe, Si, Sb, Bi, Ni и Cu (для двойных сплавов Zn-Al). Наибольшие ограничения предъявляют к Sn, Cd, Pb и в меньшей степени к Fe, от присутствия которых в значительной мере зависят все преимущества цинковых сплавов перед сплавами на основе Al и в некоторой степени Cu.

Даже незначительные количества Sn, Pb и Cd (тысячные доли процента) сильно ухудшают механические свойства сплава, способствуют образованию трещин в отливках, затрудняют обработку их поверхностей и, самое главное, усиливают межкристаллитную

коррозию, особенно во влажной атмосфере. Указанные элементы практически нерастворимы в цинке в жидком состоянии, поэтому при изготовлении отливок они распределяются в основном по границам зерен, что и вызывает межкристаллитную коррозию. Поэтому необходимо применять наиболее чистый цинк и соблюдать технологию приготовления сплава.

Повышенное содержание железа в сплаве увеличивает его жидкотекучесть, в сильной степени ухудшает механическую обрабатываемость и полируемость отливок за счет образования твердых и хрупких частиц соединений Fe с Zn. Железо в сплав попадает в основном за счет растворения металлических частей литейного оборудования (тиглей, мешалок) и частей литейных машин, с которыми соприкасается расплавленный металл, особенно при его перегреве. Температура металла при приготовлении сплава не должна превышать 450°C, так как помимо растворения металлических частей оборудования перегретый металл склонен к образованию трещин в отливках.

Действие кремния в сплаве подобно действию железа. Источник загрязнения сплава кремнием - первичный алюминий или попадание песка и земли при некачественном хранении и транспортировании чушек металла.

В основном все перечисленные примеси, кроме Ni, Bi и Sb, попадают в цинковые сплавы с первичными металлами или из собственных отходов, добавляемых при шихтовке сплава. Сплав загрязняется никелем при применении в шихте металлолома, ранее подвергнутого гальваническому покрытию - никелированию, что недопустимо. Загрязнение сплава Bi и Sb возможно только при нарушении технологии приготовления сплава или использовании загрязненного лома и отходов. Указанные примеси, хотя содержание их и не регламентируется в технических требованиях на литейные сплавы, способствует развитию межкристаллитной коррозии подобно примесям Sn, Pb и Cd.

Свойства антифрикционных сплавов на основе меди и цинка

Магистрант Шишпор К.Д., студент гр.10404115 Кижаккин С.А.

Научный руководитель Рудницкий Ф.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сплавы ЦАМ — антифрикционные материалы, из которых наибольший интерес представляет сплав марки ЦАМ 10-5, который во многих случаях способен заменить оловянистую бронзу, а иногда и свинцовооловянный баббит марки В-16. При нагрузке на пару трения 50 кгс/см^2 со смазкой коэффициент трения данного сплава в паре со сталью 45 (49–51 HRC) составляет 0,009, износ — $0,017 \text{ мг/(см}^2\text{км)}$. Коэффициент трения баббита Б-83 при тех же условиях 0,005.

Цинковые сплавы представляют большой интерес для промышленности Республики Беларусь, прежде всего, как заменители оловянных бронз. Они отличаются высокими механическими и антифрикционными свойствами, не дефицитны и весьма экономичны. Из антифрикционных сплавов на основе цинка по оптимальному сочетанию алюминия и меди могут быть использованы несколько: ЦАМ 10-1, ЦАМ 10-5, ЦАМ 30-5 и аналогичные. Наибольший интерес для замены литейных антифрикционных бронз Бр ОЦС 6-6-3, Бр ОЦС 5-5-5, а в некоторых случаях Бр ОС 8-12, Бр ОФ 10-1, представляет цинковый сплав ЦАМ 10-5, содержащий 9-11 % алюминия, 4-6 % меди и цинк (остальное). Сплав отличается от ЦАМ 10-1 более высокими антифрикционными и прочностными свойствами, а от сплава ЦАМ 30-5 меньшей склонностью к усадке. Он и выбран в качестве базового для дальнейшего исследования возможности использования в подшипниках торфобрикетных прессов. Свойства цинкового сплава и заменяемой бронзы БрОФ 10-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства бронзы БрОФ 10-1 и цинкового сплава ЦАМ 10-5

Марка сплава	Бр ОФ 10-1	ЦАМ 10-5
Температура плавления, °С	934	395
Плотность, т/м^3	8,76	6,3
Предел прочности при растяжении, $\sigma_{\text{в}}$, МПа:	250-350	300
Относительное удлинение, δ , %:	3-10	2
Предел пропорциональности, $\sigma_{\text{пц}}$, МПа:	130-140	45-50
Твердость, НВ	90-120	90
Коэффициент трения:		
со смазкой	0,008	0,009
без смазки	0,10	0,35
Коэффициент линейного расширения $\alpha_1 \times 10^{-6}$ при температуре: 20 °С	17	27
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	117	100,8
Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²	0,09	0,06
Температура литья, °С	1150	480
Линейная усадка, %	1,44	1

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при условии улучшения некоторых свойств, сплав на основе цинка может быть успешно использован в качестве заменителя бронз.

Исследование температурного режима работы пресс-формы при литье под давлением медно-цинковых сплавов

Студенты гр. ОиТВПОМ-161 Сорока Н.А., ТЛ-171 Ермак О.К.

Научный руководитель Пивоварчик А.А.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
г. Гродно

Литье под давлением (ЛПД) является одним из наиболее высокопроизводительных и динамичных способов получения отливок из цветных сплавов с высокой степенью точности размеров и качеством поверхности. В настоящее время ряд предприятий республики Беларусь, используя технологический процесс ЛПД, выпускает литейную продукцию, а именно запорную арматуру, изготовленную из сплава на основе меди – свинцовая латунь марки ЛЦ40Сд.

Одним из главных требований, предъявляемых к данному литейному сплаву при изготовлении запорной арматуры, является высокая плотность отливок, а также отсутствие на поверхности отливок пятен, разводов, следов «мороза». Причинами возникновения данных дефектов на поверхности изготавливаемых отливок могут быть следующие факторы: химический состав исходных шихтовых материалов, не соответствующий нормативно-техническим документам; перегрев расплава перед заливкой; повышенная или низкая температура поверхности пресс-формы; высокая скорость впуска расплава в полость пресс-формы; ликвация; а также обильное смазывание технологической оснастки [1–3].

Стабильность качества медно-цинковых отливок (внешний вид, ужимы, трещины, недоливы, неспаи, привар отливки к пресс-форме, механические свойства, стойкость литейной оснастки) изготавливаемых методом ЛПД в значительной степени будет зависеть от температурного режима работы пресс-формы. Тепловой баланс технологического процесса изготовления отливок состоит из температуры заливки металла в полость пресс-формы, температуры прогрева заливочного ковша, температуры поверхности пресс-формы.

Температуру заливки жидкого металла следует принимать минимально допустимой, т.е. увеличение температуры повышает износ пресс-формы, камеры прессования и поршня, ухудшает качество отливок (снижается прочность отливок из латуни) [3, 4]. Оптимальная температура заливки жидкого металла для медно-цинковых сплавов, по мнению авторов работ [3, 4] должна находиться в пределах от 960 до 990 °С. Температура поверхности пресс-формы зависит от толщины стенки и должна соответствовать данным представленным в таблице 1. Температура нагрева заливочного инструмента (ковш, черпак) должна соответствовать температуре 700-750 °С [2, 3].

Таблица 1 – Рекомендуемые температурные режимы при ЛПД медно-цинковых сплавов

Сплавы	Температура поверхности пресс-формы, °С, при толщине стенки отливки, мм		
	1,2-1,5	2,0-3,0	5,0-8,0
Медные	325-350	300-325	250-275

Целью настоящей работы является исследование температурного режима работы пресс-формы при изготовлении отливок из медно-цинковых сплавов методом литья под давлением.

Расплавление чушковых материалов, проводили в индукционной плавильно-раздаточной печи ИПЛ 2К емкостью 0,4 т без обработки расплава покровно-рафинирующим флюсом и модификатором. Образовавшуюся в результате взаимодействия расплава с кислородом воздуха окисную пленку и шлак на зеркале расплава удаляли вручную, используя шумовку. Температура плавления чушки составляла 960 °С и контролировалась с помощью хромель-алюминиевой термопары (ТХА).

Отливки из свинцовой латуни с толщиной стенки 2,2 мм изготавливали на машине литья под давлением модели 71108, с холодной горизонтальной камерой прессования. Разогрев поверхности пресс-формы до рабочей температуры производился по средствам 8–10 предварительных запрессовок расплава. Скорость прессования составляла 0,4 м/с. Время выдержки запрессованного расплава в форме до момента извлечения отливки во всех случаях контролировалось с помощью реле времени и составляло 12 секунд. Поверхность пресс-формы смазывали смазкой на основе минерального масла с добавлением графита при помощи квача. Прессующий поршень смазывался минимально необходимым количеством жировой смазки на основе минерального масла с добавкой горного воска в соотношении 4:1. Во время работы пресс-форма охлаждалась с помощью системы принудительного водяного охлаждения.

Температуру поверхности пресс-формы после удаления отливки и перед заливкой жидкого металла контролировали с помощью тепловизора модели Sat S-280, спектральный диапазон работы от 7,5 до 13 мкм. Принцип работы тепловизора основан на разнице температуры поверхности разных тел, отличиях в отражающей или поглощающей способности инфракрасного излучения различными материалами. Погрешность измерения составляла ± 2 °С.

Исследования по определению температуры поверхности пресс-формы показали, что после удаления отливки из полости пресс-формы температура литейной оснастки находится в пределах от 453 до 461 °С, что в свою очередь превышает рекомендуемые значения температуры поверхности пресс-формы для данной конфигурации отливки на 128–136 °С. По видимому, причинами столь высокой температуры поверхности пресс-формы, могут быть засоренность каналов, используемых для принудительного охлаждения пресс-формы, а также отсутствие механизированного смазывания пресс-формы водоэмульсионными разделительными покрытиями.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что причиной снижения механических свойств отливки и качества поверхности отливки является повышенная температура поверхности пресс-формы.

Список литературы

1. Белопухов, А.К. Технологические режимы литья под давлением / А.К. Белопухов. – М.: Машиностроение, 1985. – 267 с.
2. Михальцов, А.М. Технология литейной формы: учебн.-метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования для студентов направления специальности 1–42 01 01–01 «Литейное производство черных и цветных металлов» / А.М. Михальцов. – Минск: БНТУ, 2011. – 109 с.
3. Липницкий, А.М. Технология цветного литья / А.М. Липницкий, И.В. Мороз, А.А. Яценко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 227 с.
4. Цветное литье: справочник / Н. М. Галдин [и др.]; под общ. ред. Н. М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.

Смазки для изготовления песчано-смоляных стержней по ХТС-процессу

Студенты гр. ОиТВПОМ-161 Сорока Н.А., ТЛ-171 Ермак О.К.

Научный руководитель Пивоварчик А.А.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

г. Гродно

Неотъемлемой частью технологии изготовления песчано-смоляных стержней является использование смазок, которые существенно снижают действие сил адгезии между формой и стержнем и литейной оснасткой (соответственно между моделью и стержневым ящиком) в процессе формовки [1, 4] и как следствие уменьшают прилипаемость смеси к технологической оснастке. Разделительный состав после нанесения на модельную оснастку образует равномерную пленку, которая позволяет производить многократный съем при формовке, сохраняя геометрию форм без прилипания смеси к модели и стержневому ящику. Известно, что в качестве разделительных покрытий целесообразно использовать суспензии серебристого графита в углеводородных или нефтяных растворителях, растворы олеиновой кислоты в нефтяных растворителях, дизельное топливо, керосин, машинное масло и др. [1–4].

Целью настоящей работы является разработка состава смазки, используемого при изготовлении песчано-смоляных стержней позволяющего уменьшить величину прилипаемости стержневой смеси к литейной оснастке.

При разработке состава смазки в качестве перспективных материалов была принята техническая олеиновая кислота марки Б14 ГОСТ 7580–91, мылосток (побочный продукт переработки растительных масел и жиров), изготавливаемый по ТУ РБ 190239501.034–2002 и керосин технический КТ-1 изготавливаемый по ТУ ВУ 300042199.025–2011. Выбор данных материалов обусловлен их достаточно высокой смазывающей способностью, относительно невысокой вязкостью и невысокой токсичностью. Точное дозирование компонентов для приготовления составов разделительных покрытий осуществляли с использованием цилиндра 3-250-2 ГОСТ 1770–74, перемешивание компонентов осуществляли в мензурке 500 ГОСТ 1770–74.

В качестве прототипа выступал состав: керосин технический 90 % с добавлением 10 % графита кристаллического литейного марки ГЛ-1 по ГОСТ 5279–74.

Стержневую смесь для изготовления стержней готовили используя песок кварцевый марки 1К1О202, смолу марки КФ65С и катализатор – ортофосфорная кислота. Нанесение составов разделительных покрытий на рабочую поверхность стержневого ящика осуществляли вручную с использованием щетки-сметки (квача), при этом не допускалось образование подтеков, наплывов и скоплений разделительного покрытия в углублениях, с целью, исключения возможности увлажнения поверхности стержня и снижения его поверхностной прочности.

Время выдержки стержневой смеси в стержневом ящике, необходимое для затвердевания смеси составляло 10 мин. Температура затвердевания стержневой смеси составляла 18–20 °С. После выдержки и затвердевания стержневой смеси проводили извлечение стержня из оснастки вручную, посредством кантовки оснастки на 180°. Периодичность нанесения смазки на поверхность стержневого ящика составляла 1 раз на 10 операций. Качество изготовленного стержня контролировалось визуально на предмет обнаружения дефектов, таких как прилипаемость стержневой смеси к литейной оснастке, появления на поверхности стержня сколов, трещин, подтеков, следов разделительного покрытия. Общее количество стержней изготовленных при использовании каждого из исследуемых составов составило 100 штук.

Исследования эффективности разработанных составов разделительных покрытий при изготовлении стержней проводили в производственных условиях на ОАО «Лидский литейно-механический завод» (Беларусь) и оценивали по итоговому заключению о браке продукции, вызванному возникающими в процессе изготовления дефектами.

Установлено, что наименьшее число дефектов возникает при использовании смазки на основе олеиновой кислоты и соапстока в пропорции 30/70. Данный состав на поверхность стержневого ящика хорошо наносится, не вызывая дефектов, извлечение стержня из литейной оснастки происходило свободно. Следует отметить, что нанесение данного состава на рабочие поверхности стержневого ящика можно осуществлять механизировано, путем распыления, ввиду невысокой вязкости.

Промежуточный результат показал состав при сочетании олеиновой кислоты и соапстока в пропорции 50/50. Сформованные и извлеченные стержни имели такие дефекты как прилипаемость, сколы, подтеки и следы разделительного покрытия на поверхности стержня. При этом дефекты в виде сколов проявлялись на ребрах стержня. Прилипание смеси к формирующим поверхностям стержневого ящика наблюдалось в углах стержневого ящика. Извлечение стержня требовало аккуратности во избежание откалывания крупных участков.

Худший результат получен при использовании прототипа, а также составов олеиновой кислоты и соапстока в пропорции 70/30. Установлено, что данный состав при использовании способствует возникновению практически всех дефектов. Полученный результат можно объяснить тем, что данный состав ввиду незначительного количества основного смазочного компонента (олеиновая кислота, соапсток) не обеспечивают необходимой разделяющей способности, и тем самым вызывают прилипаемость стержневой смеси к технологической оснастке, которая в свою очередь приводит к возникновению большинства дефектов. За счет присутствия частиц графита в составе прототипе нанесение методом распыления разделительного состава затруднительно, при этом отмечается загрязнение частицами графита поверхности стержня.

В результате проведения исследований установлено, что в качестве разделительных составов, используемых при изготовлении стержней по ХТС-процессу, целесообразно использовать составы смазки на основе олеиновой кислоты и соапстока в пропорции 30/70. Применение данного состава позволит уменьшить число дефектов, возникающих при изготовлении стержней, и как следствие поспособствует снижению брака и затрат на производство.

Список литературы

1. Болдин А. Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные и стержневые смеси и покрытия: Справочник / А. Н. Болдин, Н. И. Давыдов, С. С. Семенов. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
2. Жуковский С.С. Технология литейного производства: формовочные и стержневые смеси / С.С. Жуковский, А.Н. Болдин. – Брянск: БГТУ, 2002. – 470 с.
3. Жуковский С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник / С.С. Жуковский. – М: Машиностроение, 2010. – 256 с.
4. Кукуй Д.М. Теория и технология литейного производства: формовочные материалы и смеси / Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. – Мн.: БНТУ, 2005. – 361 с.

Процесс плавки цветных металлов в электрошлаковой печи

Стажёр-исследователь Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Абдурахманов Х.З.

Научный руководитель д.т.н., проф. Тураходжаев Н.Д.
Ташкентский государственный технический университет
г. Ташкент

На сегодняшний день во всём мире основное внимание уделяется повышению качества получаемой продукции, её себестоимости и влияния производства на экологию окружающей среды. Одним из сложных процессов, протекающих в получении машиностроительных деталей, является литейные процессы. Одним из особенностей переплава металлов и их сплавов, в частности цветных металлов, является естественные потери вследствие угара. Алюминий и медь имеют большое родство с кислородом, что приводит к повышенным потерям при плавке и перегреве перед заливкой в формы. Так например, жидкий алюминиевый расплав в течение 0,1 секунды зарастает окисной плёнкой толщиной в 0,2 мм [2]. Если учесть, что процесс оплавления протекает в течение 40-50 минут, а зеркало металла периодически замешивается вновь поступающим металлом, то потери металла на угар становятся очевидными. Для снижения потерь вследствие угара цветных сплавов применяются защитные флюсы, способствующие защите жидкого расплава от контакта с кислородом. Однако, применение защитного флюса требует соответствующей технологии ведения плавки в соответствующей конструкции плавильного агрегата. Научными сотрудниками Механического факультета Ташкентского государственного технического университета был разработан способ переплава цветных сплавов под защитным флюсом и создана конструкция для его осуществления. При разработке способа использовали данные применения электрошлаковой печи для переплава стали с расходуемым электродом. Отличительный принцип работы данной печи заключается в том, что в ней можно перерабатывать отходы производства в виде шлака. Экспериментальные исследования по переплаву велись на лабораторной электрошлаковой печи производительностью 15 кг/час. Данная установка однофазная, питается от сварочного трансформатора ТС – 500. В качестве измерительных прибор применяли К – 50, с помощью которого измеряли силу тока. Для проведения исследовательских плавки был создан температурный режим, который обеспечивается образованием дуги посредством замкнутой цепи: верхний электрод-кокс-нижний электрод.

В качестве токопроводящего материала был использован кокс, который под воздействием проходящего тока нагревается и доводится до белого каления. После того, как кокс приобретает достаточную температуру (для алюминиевого шлака 700-750 °С, для медных шлаков 1000-1050 °С) производили засыпку флюса из соответствующих компонентов. Применяемые флюсы эффективны только в совокупности с соответствующей технологией. Так например, применение в флюсах солей сплавов (NaF+NaCl) приводит к измельчению структуры и улучшает механические свойства. Но этот эффект достигается при применении технологии ввода флюса с помощью специального приспособления (колокольчика).

На основании проведённых экспериментов на разработанной печи были получены результаты по определению составов флюса при плавке цветных сплавов с вводом флюса различного размера на поверхность рабочего пространства [3]. Для предотвращения потерь флюса посредством угара, дугу установки образовывали посредством кокса в контактном режиме. Температура рабочего пространства установки поддерживалась в пределах 1000-1100 °С, а температура зоны плавления 1400-1500 °С. Загрузка отходов производства в виде шлаков производилась после расплавления флюса и достижения ею температуры 600-650 °С, 700-750 °С, 800-850 °С и 900-950 °С [4]. В результате проведённых экспериментальных плавки были получены данные о влиянии режима ведения плавки на показатели качества.

При использовании процесса плавления цветных металлов с образованием жидкой ванны из флюса при температуре 600-650 °С, содержание окисных включений в составе расплава составило 7-8 %. Количество водорода в этом при этом составило 0,60-0,62 см³/100 гр.

Во втором режиме плавки, которая протекает под слоем защитного флюса при температуре 700-750 °С, содержание окисных включений в составе полученного расплава составило 2-3 %, а количество водорода 0,34-0,36 см³/100 гр. В режиме плавки, которая протекает под слоем защитного флюса при температурном интервале 800-850 °С содержание окисных включений в расплаве составило 4-5 %, а количество водорода 0,42-0,44 см³/100 гр. В режиме плавки, которая протекает под слоем защитного флюса при температуре 900-950 °С, содержание окисных включений в составе расплава составило 6-7 %, а количество водорода 0,54-0,56 см³/100 гр. Как видно из результатов исследований, температура жидкой ванны из флюса для плавки цветных сплавов влияет на количественные показатели окисных и газовых включений получаемого расплава. Это свидетельствует об эффективности применения ведения плавки под защитным покровом флюса при соблюдении необходимого температурного режима.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Использование защитного слоя флюса при температуре 700-750 °С для плавления цветных сплавов и его отходов обеспечивает

- снижение количества окисных включений в расплаве;
- снижение содержания газовых включений в расплаве;
- повышение качества выплавляемого расплава за счёт снижения окисных и газовых включений.

Преимущество применения способа плавления в электрической печи с электродами:

1. Исключается надобность в применении второго агрегата для приготовления шлака;
2. Снижается угар при плавке легкоокисляемой шихты;
3. Наведя соответствующий флюс можно переплавлять любые цветные сплавы;
4. С помощью различного состава шлака можно получать сплавы с различными химическими составами и свойствами.

Список литературы

1. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Изменение свойств композиционных алюминиевых сплавов в зависимости от режима плавки. // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015). - Гомель, Белоруссия, 2015. – С. 88-92.
2. N.D.Turakhodjaev, Sh.N.Turakhujueva. Mode of Fusion of Aluminium Alloys//International Scientific and Practical Conference World Science. Vol.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. S. 25-28.
3. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Cfnfdian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58.
4. В.А.Грачев, Н.Д.Тураходжаев. Разработка состава флюсов и режима плавки алюминиевых отходов под флюсом для получения качественных отливок. Литейщик России, № 9, 2016, С.-11-14.

Применение природного газа для плавки алюминиевых сплавов

Студентка гр. 102М-17 Тураходжаева Ш.Н., асс. Тураев А., асс. Асадов С.

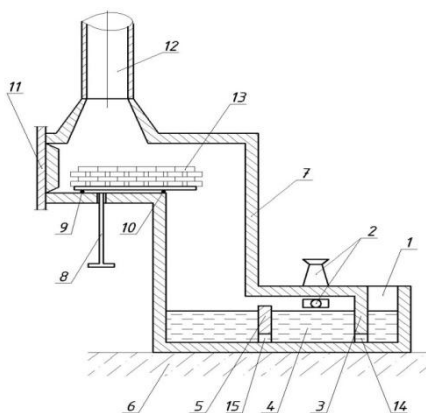
Научный руководитель проф. Умаров Э.А.

Узбекско-Японский молодёжный центр инновации

Ташкентский государственный технический университет

г. Ташкент

Природный газ является одним из природных богатств Республики Узбекистан, а получаемые сплавы с применением газового топлива являются дешёвыми по себестоимости. В лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета и производственных условиях АО «Ташкентский механический завод» были проведены экспериментальные плавки алюминиевых сплавов в газовых печах. Для оптимизации конструкции газовых печей в качестве прототипа применялись печи шахтного типа разработок учёных различных стран. В частности, в разработках А.Д.Андреева, В.Б.Гогина, С.Колеманн, применялась технология использования тепла отходящих газов для нагрева шихты в шахтной части печи [1]. В печах разработанных В.А.Грачевым, В.А.Моргуновым и А.О.Шазимовым кроме использования противотока в шахте печи для нагрева шихты, применялась двухкамерная конструкция ванны печи с огнеупорной разделяющей перегородкой. Жидкий расплав поступал в камеру перегрева через соединительные каналы, выполненные в нижней части перегородки. В результате алюминиевый расплав в камере перегрева остаётся под защитным слоем окисной пленки, что предотвращает диффундирование водорода и окисных включений в жидкий расплав [2]. Однако, при периодическом режиме плавки, температуру нагрева шихты контролировать не представляется возможным. Поэтому, для контроля температуры нагрева шихты и определения влияния температуры нагрева шихты на содержание водорода и окисных включений при проведении экспериментальных работ, в шахтную часть (1) газовой шахтно-отражательной печи установлена площадка (9) для нагрева шихты (13). Эта площадка загружает в печь шахту (7) нагретую до заданной температуры шихту с помощью загрузочного механизма (8) и шарниров (10). В камеру перегрева (4) жидкий металл передаётся через переходные каналы (15), выполненные в нижней части огнеупорной перегородки (5), что предотвращает разрушение целостности оксидной плёнки образовавшегося на поверхности жидкого расплава и диффундирования газовых включений образующихся в результате горения газа в горелках (2).



1-камера для отбора образцов; 2- газовые горелки; 3,5-огнеупорные перегородки; 4- камера перегрева; 6-подина; 7-шахта печи; 8-загрузочное устройство; 9-площадка нагрева шихты; 10-шарнирный механизм; 11-загрузочное окно шихты; 12-выхлопная труба в атмосферу; 13-загружаемая шихта; 14,15-переходные каналы.

Рисунок 1 - Экспериментальная газовая шахтно-отражательная печь

Для отбора образцов из алюминиевого расплава рабочая камера (1) разделена ещё одной огнеупорной перегородкой (3) и переходными каналами (14). В первом этапе экспери-

мента, шихта сплавов АК7п и АК6 загружаемая в шахту печи нагревалась до температуры 100, 200, 400 и 500 °С.

Для получения объективного результата эксперименты проводились по 5 раз с отбором проб для каждого раза по 5-7 штук. Как видно из результатов эксперимента, марка алюминиевых сплавов незначительно влияет на структуру сплава, а режим ведения плавки сильно сказывается на качестве получаемого сплава. Это подтверждает теорию кристаллизации алюминиевых сплавов, по которой незначительное изменение химического состава алюминиевых сплавов не отражается на его кристаллическом строении [3].

В первом случае нагрев шихты до температуры 400 °С показал незначительные изменения структуры. Однако, при температурном интервале от 400 °С до 500 °С содержание водорода и оксида алюминия в расплаве резко снизилось. Это можно объяснить удалением адсорбированной влаги с поверхности шихты. Содержание водорода и оксида алюминия в расплаве после нагрева шихты до вышеуказанных температурах приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание водорода и оксида алюминия в расплаве

№ п/п	Температура шихты загружаемой в ванну, °С	Содержание водорода в расплаве, см ³ /100 гр	Содержание оксида алюминия в расплаве, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5
6	600	0,36-0,38	5-6

По результатам исследований можно сделать выводы о целесообразности нагрева шихты перед загрузкой в ванну при температуре 500-550 °С.

Список литературы

1. В.А.Грачев, Н.Д.Тураходжаев. Разработка состава флюсов и режима плавки алюминиевых отходов под флюсом для получения качественных отливок. Литейщик России, № 9, 2016, С. 11-14.
2. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Изменение свойств композиционных алюминиевых сплавов в зависимости от режима плавки. // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015). - Гомель, Белоруссия, 2015. – С. 88-92.
3. N.D.Turakhodjaev, Sh.N.Turakhujaeva. Mode of Fusion of Aluminium Alloys//International Scientific and Practical Conference World Science. Vol.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. S. 25-28.

Материаловедение в машиностроении

Плазменное напыление покрытий

Студент гр. 10401115 Иванов А.И.
Научный руководитель Вейник В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Плазменное напыление – один из видов газотермического напыления покрытий. При этом способе нанесения покрытий напыляемый материал разогревается до жидкого состояния и переносится на обрабатываемую поверхность при помощи потока плазмы. Плазма считается "четвертым" особым состоянием вещества. Техническая плазма - ионизированный газ, в котором объемные плотности положительных и отрицательных электрических зарядов, образующих плазму заряженных частиц, практически одинаковы (условие квазинейтральности) и доля этих частиц сравнительно велика. Для напыления покрытий используется холодная плазма. Её температура порядка 10^5 К. Плазмообразующими газами служат азот, гелий, аргон, водород, их смеси и смесь воздуха с метаном, пропаном или бутаном.

Для плазменного напыления используют проволоку, в том числе порошкового типа, порошки из черных и цветных металлов, оксиды металлов, карбиды металлов и их композиции с никелем и кобальтом, сплавы металлов, композиционные материалы (никель-графит, никель-алюминий и др.) и механические смеси металлов, сплавов и карбидов. Регулирование режима напыления позволяет наносить как тугоплавкие материалы, так и легкоплавкие. Основой для плазменного напыления могут служить металлы и неметаллы. Для нанесения покрытий на небольшие поверхности применяется микроплазменный способ напыления, который позволяет сэкономить потери напыляемого материала (ширина напыления 1-3 мм).

В данное время выделяют три основных способа плазменного напыления покрытий: атмосферное плазменное напыление, вакуумное плазменное напыление и плазменное напыление в контролируемой атмосфере (напыление плазмой в камере, заполненной инертным газом, что позволяет изолировать плазменную струю от окружающей атмосферы).

Сам процесс плазменного напыления включает три основных этапа:

1) Подготовка поверхности:

Предварительные размеры поверхностей под напыление должны быть определены с учетом толщины напыления и припуска на последующую механическую обработку. Переходы поверхностей должны быть плавными, без острых углов, во избежание отслаивания покрытия. Детали перед напылением должны быть тщательно очищены и обезжирены. Ремонтные детали, имеющие замасленные пазы или каналы, следует нагреть в печи при температуре 200-340 °С в течение 2-3 часов для выпаривания масла.

Далее производится активация поверхности. Её производят при помощи обдува детали сжатым воздухом с абразивом или нарезанием рваной резьбы. Шероховатость поверхности под плазменное напыление должна составлять 10-60 Rz, поверхность должна быть матовой. Поверхности, не подлежащие абразивной обработке, защищают экранами. Тонкие детали закрепляют в приспособлениях с целью предотвращения их коробления во время обработки.

2) Напыление и дополнительная обработка покрытия для улучшения свойств:

Плазменный процесс состоит из трёх основных стадий:

1. генерация плазменной струи;
2. ввод распыляемого материала в плазменную струю, его нагрев и ускорение;
3. взаимодействие плазменной струи и расплавленных частиц с основанием.

Для плазменного напыления следует применять порошки одной фракции, форма частиц — сферическая. Оптимальный размер частиц для металлов составляет около 100 мкм, а для керамики — 50-70 мкм. Если порошки хранились в негерметичной таре, их нужно прокалить при температуре 120-130 °С в течение 1,5-2 ч в сушильном шкафу. Те части детали,

которые не подвергаются напылению, защищают экранами из асбеста или металла, или обмазками. Предварительный подогрев детали перед напылением осуществляют плазмотроном до температуры 150-180 °С. Общую толщину покрытия набирают несколькими циклами с перекрытием полос напыления на 1/3 диаметра пятна напыления. После напыления деталь снимают с плазмотрона, удаляют защитные экраны и охлаждают до комнатной температуры. Технологические режимы плазменного напыления определяются: видом и дисперсностью материала, током плазменной струи и его напряжением, видом и расходом плазмообразующего газа, диаметром сопла плазменной горелки и расстоянием от сопла до напыляемой поверхности. В таблице 1 приведены некоторые технологические характеристики для различных типов напыляемых материалов в соответствии с ГОСТ 28076-89.

Таблица 1 - Технологические характеристики для различных типов напыляемых материалов

Тип напыляемого материала	Режимы источника питания				Дистанция напыления, мм	Расход порошка, кг/ч	Коэффициент использования порошка, %
	Аргон		Азот				
	Напр., В	Сила сварн. тока, А	Напр., В	Сила сварн. тока, А			
Самофлюсующиеся никелевые сплавы	65-75	450-460	75-85	450-460	140-160	8,0-10,0	50-55
Сплавы Ni-Al, Ni-Ti	65-75	430-435	80-85	430-435	140-155	7,0-9,0	45-50
Бронза	60-70	490-500	74-80	490-500	140-150	7,5-9,0	55-60
Алюминий	60-65	490-500	74-80	490-500	140-150	8,0-9,0	60-65

3) Механическая обработка для достижения чистовых размеров.

Чистовые размеры деталей после плазменного напыления получают точением и шлифованием с охлаждением водными растворами и водно-масляными эмульсиями.

Уникальность метода плазменного напыления заключается в высокой температуре плазменной струи и высокой скорости движения частиц в струе. Нагрев же напыляемой поверхности невелик и составляет не более 200 °С. Производительность плазменного напыления составляет 3-20 кг/ч для плазмотронных установок мощностью 30-40 кВт и 50-80 кг/ч для оборудования мощностью 150-200 кВт. Прочность сцепления покрытия с поверхностью детали в среднем равна 10-55 МПа на отрыв, а некоторых случаях - до 120 МПа. Пористость покрытия находится в пределах 10-15%. Толщина покрытия обычно не более 1 мм, так как при ее увеличении в напыляемом слое возникают напряжения, стремящиеся отделить его от поверхности детали.

Плазменное напыление покрытий применяется в таких областях, как машиностроение, ракетная, авиационная и космическая техника, энергетика, металлургия, химия, нефтяная и угольная промышленность, приборостроение, строительство, ремонт машин и восстановление деталей. Для реализации технологии упрочнения и восстановления рабочей поверхности деталей плазменным напылением в условиях промышленного производства необходим участок, оснащенный специальным комплексом технологического оборудования.

Кинетика роста диффузионного слоя на армко-железе при низкотемпературном однофазном борировании в порошковой среде

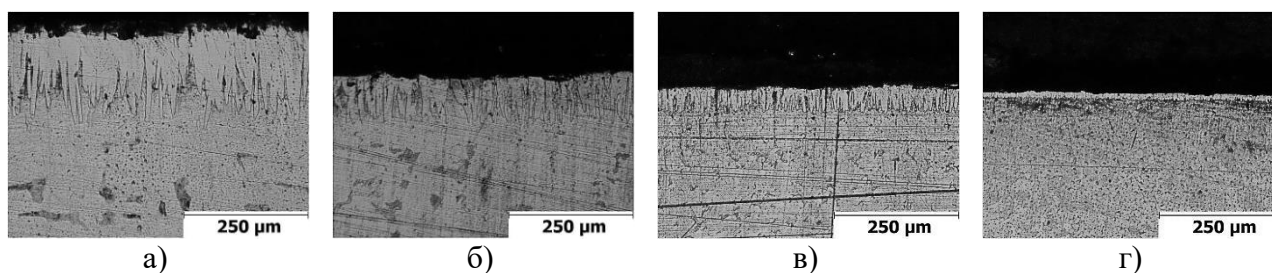
Студентка гр. 10401115 Одарченко В.И.
Научный руководитель Щербаков В.Г.
Белорусский национальный технический
университет
г. Минск

Борирование – один из наиболее эффективных и перспективных методов упрочнения поверхности для повышения срока службы деталей [1]. Упрочнение при борировании металлов и сплавов происходит в результате образования на обрабатываемой поверхности металлоподобных соединений – боридов. Металлоподобными эти соединения называют потому, что наряду со свойствами, нехарактерными для металлов (очень высокой твердостью и незначительной способностью к пластической деформации), бориды обладают свойствами, характерными для металлического состояния вещества, – высокой электро- и теплопроводностью, термоэмиссией, металлическим блеском. Насыщение бором значительно увеличивает поверхностную твердость, жаростойкость и коррозионную стойкость [1]. Наиболее распространена технология борирования в контейнерах, заполненных порошками аморфного бора, карбида бора, ферробора, ферроборала и буры.

Борирование в порошкообразных смесях – наиболее простой и экономичный способ; он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами, так как при очень небольших затратах на оборудование можно насыщать поверхностные слои различных типов. Изменением состава смеси и параметров обработки этот метод позволяет получить защитный слой, состоящий из двух интерметаллидных фаз (снаружи FeB, внутри Fe₂B) или только из одной фазы (Fe₂B) [1]. Борирование проводят в печах различного типа: камерных, шахтных, муфельных и др. Процесс осуществляется в интервале температур 800...1100 °С с выдержкой от 30 мин до 8...12 ч в зависимости от марки стали и требуемой глубины насыщения. Из известных в настоящее время насыщающих сред для твердого борирования наибольший интерес представляют порошковые смеси на основе технического карбида бора или металлоподобные смеси. Первые технологичнее, а вторые значительно дешевле при той же насыщающей способности [2]. Борирование понижает магнитную проницаемость углеродистых сталей и тем значительно, чем больше толщина слоя. Также, борирование увеличивает электросопротивление стали [2]. Таким образом, традиционно, борирование проводят по режимам, обеспечивающим максимальную толщину диффузионных слоев. Влияние борирования на электрофизические свойства обрабатываемого материала не учитывают. Однако, есть отдельные материалы, для работы которых необходимо наличие диффузионного слоя небольшой толщины, для минимального влияния на сердцевину обрабатываемого при борировании изделия. Таким образом целью данной работы являлось исследование кинетики формирования диффузионных однофазных слоев на армко-железе при низкотемпературном борировании в порошковых средах. В качестве насыщаемого материала были выбраны пластинки из армо-железа. Насыщающей средой являлась порошковая смесь для термодиффузионного однофазного борирования, разработанная сотрудниками НИЛ упрочнения стальных изделий [3]. Обработку проводили при температурах 950, 850, 750 и 650 °С, продолжительность выдержки – 4 часа. Микрошлифы для микроанализа изготавливались по стандартным методикам. Анализ микроструктуры проводили на микроскопе Altami с различными увеличениями.

Твердость однофазных диффузионных слоев на армко-железе составляет порядка 1200...1300 HV. Установлено, что при снижении температуры борирования существенно снижается толщина диффузионного слоя на обрабатываемых образцах. Так, при температуре 950 °С толщина однофазного диффузионного слоя составляет 130...150 мкм (Рисунок 1, а).

При снижении температуры обработки до 850 °С образуется слой толщиной 90...125 мкм (Рисунок 1, б). Дальнейшее снижение температуры насыщения до 750 °С и 650 °С приводит к формированию диффузионных слоев толщиной 60...80 мкм (Рисунок 1, в) и 25...30 мкм (Рисунок 1, г), соответственно.



а – 950 °С, б – 850 °С, в – 750 °С, г – 650 °С

Рисунок 1 Диффузионные слои на армко-железе при различных температурах насыщения

Таким образом, установлено, что одним из возможных методов регулирования толщины диффузионных слоев на обрабатываемых материалах является снижение температуры насыщения. Данная обработка целесообразна для деталей специфического назначения и порошковых материалов, условия, работы которых подразумевают наличие диффузионного защитного боридного слоя определенной толщины. Наличие боридного слоя определенной толщины при низкотемпературной обработке в порошковых насыщающих средах имеет минимальное влияние на сердцевину обработанного изделия и позволяет заранее прогнозировать получаемые после химико-термической обработки эксплуатационные свойства готового изделия.

Список использованных источников

1. Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.
2. Борисенко Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В. Борисенко [и др.] М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
3. НИЛ упрочнения стальных изделий [Электронный ресурс] / Общая информация – режим доступа: <http://www.bntu.by/mtf-nilusi/item/mtf-nil-usi.html> – Дата доступа 25.10.2018.

Разработка управляющей программы для станков с ЧПУ

Студенты гр. 10405417 Голубев К.Г., Баранкевич Н.М., Гулевич М.А.

Научный руководитель Мельниченко В.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Управляющая программа для станка с ЧПУ – составляющая станочного оборудования с числовым программным управлением. С ее помощью обеспечивается автономная или полуавтономная обработка заготовок. Этот компонент позволяет получить качественное и точное изготовление деталей, имеющих сложные формы. Разработка управляющей программы требует специальных навыков.

Управляющая программа обеспечивает контроль над станками на числовом программном управлении без необходимости постоянного слежения. Она представляет собой комплекс команд, которые подаются рабочему оборудованию.

Создание программы

Методика создания УП включает несколько этапов. На первом этапе создания управляющей программы строится цифровая модель изделия. После этого проводится программный анализ. С его помощью модель можно разделить на точки, чтобы разработать систему координат. По ней будут двигаться инструменты и заготовка в ходе работы.

Создать программу без трехмерной модели изделия не получится. Данная задача выполняется специалистом. Также уже готовые модели можно скачать в интернете, но нет гарантии, что они подойдут для нужной работы.

При изготовлении программ для станков с ЧПУ можно использовать системы автоматизированного программирования, самыми популярными из которых являются:

AutoCAD; NanoCAD; T-FlexCAD; ArtCam; SolidWorks.

При помощи программного обеспечения можно изменить характеристики будущего изделия. Чем больше будет собранной информации, тем более точной будет обработка. На завершающем этапе разрабатываются управляющие команды, которые будут объединены в файл.

Обработкой файла будет заниматься процессор. Информация с файла считывается последовательно. Поэтому команды выполняются друг за другом. Программу легко записать на обычном компьютере и подключить ее при помощи флешки. Затем она будет записана в память компьютера, управляющего станком, и использовать ее не понадобится. С самой программой можно будет осуществлять серийную разработку деталей.

Основной составляющей управляющих программ является G-код. Он состоит из числовых символов. Символы числовой системы могут быть различными командами:

- технологическими;
- геометрическими;
- подготовительными;
- вспомогательными.

Первый тип отвечает за определение рабочего инструмента, скорость обработки, включение и выключение прибора. Второй тип определяет и контролирует заданные координаты. Третий тип позволяет программе управлять станком, а также задает режимы производства. Последний тип включает и выключает отдельные механизмы. Разобраться в коде может технолог-программист.

При покупке оборудования следует инструкция, в которой указано, как правильно создавать числовое программное управление, и использовать различные типы команд.

Виды ошибок

Ошибки возникают чаще всего при разработке УП для обработки деталей, имеющих сложные формы. **Наиболее частой причиной является недостаточная подготовка оператора-программиста.** Поэтому УП должны разрабатываться подготовленными сотрудниками.

Ошибки бывают трех типов:

- герметического;
- технологического;
- перфорационного.

Преимущества

Управляющая программа помогает упростить производственный процесс в несколько раз. На станках с ЧПУ не требуется больше одного оператора агрегата, и работает по простой методике. УП экономят время и повышают точность обработки.

Они используются при:

- изготовлении рекламных баннеров;
- производстве мебели;
- дизайнерском оформлении помещения;
- порезке и раскрое листового материала;
- изготовлении сувенирных изделий.

При помощи современных приложений составить управляющую программу может человек, не имеющий образования в области программирования.

Благодаря поддержке различных операционных систем, запустить УП можно практически на любом компьютерном устройстве, связанным со станком с системой числового программного управления. Недостаток программных приложений заключается в периодическом возникновении ошибок.

Использование высоковольтного тлеющего разряда для улучшения эксплуатационных характеристик материалов

Магистрант гр. МмашЗ-171 Елисеева А.Н.

Студент гр. ЭАиТр-161 Верещак С.В.

Студент гр. ЭАиТр-171 Пищик В.И.

Научные руководители Обидина О.В., Шеменков В.М.

Белорусско-Российский университет

г. Могилев

В настоящее время отрасль машиностроения остается с нерешенными вопросами в сфере повышения различных характеристик материалов, в том числе и эксплуатационных. Это связано с ошибками в определении режимов обработки материалов, с неправильным выбором материала в качестве обрабатывающего инструмента. С другой стороны присутствуют и экономические показатели, влияющие на цену материалов. Совокупность данных причин способствует проведению испытаний разной сложности с целью улучшения свойств материалов отечественного производства.

Обработка плазмой тлеющего разряда является одним из перспективных направлений в модификации материалов. Отличительной особенностью данной обработки можно назвать универсальность самого способа с высокой степенью производительности, позволяющая обрабатывать значительно большие площади изделия. Плазменная обработка не нуждается в использовании жидких растворов, вследствие чего является экологически чистой и энергоемкой.

Установка для вакуумно-плазменной обработки материалов интенсивно используется в Белорусско-Российском университете для улучшения эксплуатационных свойств материалов. Сущность способа вакуумного модифицирования металлов и сплавов заключается в том, что изделия помещаются в вакуумную камеру на катод. Из камеры откачивается воздух и включается цепь питания источника высокого напряжения, благодаря чему между электродами создается разность потенциалов, величину которой устанавливается в пределах 0,2-3 кВ. В результате этого возникает пробой разрядного промежутка с возникновением тлеющего разряда. Далее, управляя источником высокого напряжения и вакуумными клапанами, устанавливается давление остаточных газов, напряжение горения разряда и плотность тока в необходимых пределах. По истечении времени обработки изделий в плазме тлеющего разряда, высокое напряжение выключается. После чего производится напуск воздуха в камеру, а затем обработанные изделия извлекаются. Температура в камере в течение плазменной обработки контролируется и не превышает 343 К.

В качестве объектов исследования использовались образцы из быстрорежущей стали Р6М5 и образцы из твердого сплава ВК10. До и после плазменного воздействия изучалась дислокационная структура образцов, их микротвердость и износостойкость.

В результате проведенных исследований было установлено, что обработка стали Р6М5 в тлеющем разряде приводит к измельчению и перераспределению карбидной фазы в поверхностном слое глубиной до 20 мкм, снижению плотности дислокаций, как в карбидной фазе, так и в матричном материале, при этом коэффициент износостойкости увеличивается до 2,1 раза, а максимальное приращение микротвердости составляет до 25%. В результате обработки твердого сплава ВК10 плазмой тлеющего разряда происходит измельчение зерен карбидной фазы, формирование новых границ раздела твердой фазы, размытие межфазных границ, при этом коэффициент износостойкости увеличивается до 3 раз, а твердость повышается до 17%.

Полученные результаты могут быть использованы на промышленных предприятиях Республики Беларусь и в научных организациях, специализирующихся в области плазменной обработки и материаловедения, а также использованы в учебном процессе при разработке спецкурсов, рассчитанных на студентов физических и машиностроительных специальностей.

Повышение абразивной износостойкости малоуглеродистых сталей термической обработкой с двойной фазовой перекристаллизации

Студенты гр. 100М-17 Ташматов Р.К., Муродов А.С.

Научный руководитель Бердиев Д.М.

Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Одним из самых разрушительных является абразивное изнашивание. Детали работающие в условиях абразивного изнашивания изготавливают из средне- и высокоуглеродистых сталей типа 40Г, 65Г, 70Г, Л53, Л65 и др., термически обработанных на высокую твердость. Даже в этом случае правильный выбор материала и способа упрочнения не гарантируется [1]. Положение усугубляется в ремонтном производстве, когда из-за недостатка необходимых сталей их замена другими сталями дает непредсказуемые результаты в части износостойкости изделия.

В данной работе сделана попытка повысить абразивную износостойкость малоуглеродистой стали Ст3Гпс (0,28% С) термической обработкой с введением операций предварительной подготовки структуры.

В данном случае предварительная обработка заключалась в нормализации с температуры нагрева от $A_{c3}+(30\div 50)^\circ\text{C}$ до 1200°C . Завершающая термическая обработка включала закалку с обычно принятых для каждой марки стали температур нагрева и отпуск при 200°C .

Параметры структуры определяли методами световой микроскопии, электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. В частности, состояние тонкой структуры оценивали по плотности дислокаций, определяемой по физической ширине рентгеновской линии интерференции (220) [2]. Лабораторные испытания на изнашивание проводили при трении скольжения о незакрепленные абразивные частицы кварца на установке ПВ-7 [3].

Результаты исследований показали, что с повышением температуры при нормализации наблюдается рост аустенитного зерна, но состояние тонкой структуры меняется по экстремальной зависимости. Максимум плотности дислокаций в α -фазе наблюдается, если температура нагрева при нормализации была 1100°C (таблица). В наших предыдущих работах [4] было установлено, что при температуре нагрева около 1100°C начинается растворение тугоплавких примесных фаз в аустените. Это в основном кислород и азотсодержащие фазы, для начала растворения которых характерна химическая микронеоднородность твердого раствора. В этом случае при $\gamma - \alpha$ -превращении плотность дислокаций повышается. Нагрев до температуры 1200°C во время нормализации способствует гомогенизации аустенита, а при охлаждении после $\gamma - \alpha$ -превращения плотность дислокаций снижается.

После завершающей термической обработки происходит измельчение аустенитного зерна, плотность дислокаций остается разной. Происходит наследование элементов исходного субмикростроения, так как положение экстремума плотности дислокаций сохраняется. Это достаточно сильно влияет на абразивную износостойкость при трении скольжения о незакрепленные абразивные частицы [5].

В наших опытах часть образцов из стали Ст3Гпс после завершающей закалки не подвергали отпуску, а часть образцов закаливали с разных температур и также без отпуска. Износ стали Ст3Гпс после закалки без отпуска заметно уменьшился (до 30%). Таким образом, предварительная подготовка структуры проведением нормализации с экстремальной температуры нагрева после завершающей термической обработки обеспечивает повышение абразивной износостойкости до 40%. Закалка по экстремальным режимам без отпуска дополнительно повышает износостойкость.

Таблица 1 - Влияние температуры предварительной нормализации на параметры структуры и величину износа стали СтЗГпс после повторной закалки с температуры $A_{c3} + 30 \div 50^{\circ}\text{C}$ и отпуска при температуре 200°C

Температура предварительной нормализации, $^{\circ}\text{C}$	Твердость HRC	Плотность дисл. $\rho \cdot 10^{11} 1/\text{cm}^2$	Среднеариф. износ Q, мг	Средний диаметр аустен. зерна D_{cp} , мм	№ балла
Закалка, отпуск 200°C					
950	36-37	0.82	2.2	0.051	6
1000	37-38	0.87	2.1	0.046	6
1100	37	1.34	1.8	0.059	5
1150	37	1.15	1.9	0.058	5
1200	38	0.87	2.0	0.048	6
Закалка, без отпуска					
950	40-41	1.24	1.5	0.051	6
1000	40	1.35	1.4	0.046	6
1100	40	1.45	1.3	0.059	5
1150	40	1.41	1.4	0.058	5
1200	41	1.15	1.6	0.048	6
Прямая закалка с указанных температур, без отпуска					
950	40-41	1.24	1.7	0.0018	7
1000	40-41	1.35	1.5	0.0027	6
1100	40-41	1.45	1.3	0.0059	5
1150	40-41	1.41	1.5	0.0086	4
1200	40-41	1.15	1.6	0.0089	4

Таким образом, наследственность элементов исходной субструктуры при термической обработке с двойной фазовой перекристаллизацией позволяет формировать при окончательной термической обработке максимум плотности дислокаций. Максимальный уровень плотности дислокаций формируется, если первая фазовая перекристаллизация проводится с нагревом до экстремальной температуры (1100°C).

Закалка малоуглеродистой стали СтЗГпс без отпуска может дополнительно снизить величину износа до 30%, что объясняется протеканием динамического старения стали на трущиеся поверхности.

Список литературы

1. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.
2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
3. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврелюк В.С. Триботехника. – Москва. Кнорус, 2015. – 402 с.
4. Бердиев Д.М. Мухамедов А.А. Повышение абразивной износостойкости сталей термической обработкой с предварительной подготовкой структуры // Вестник машиностроения. – Москва, 2018. – №9. – С. 57-59,
5. Berdiyev D.M., Yusupov A.A., Umarova M.A. Increase of abrasive wear resistance of steels by thermal processing // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 5, Issue 9, September 2018. P 6851-6854

**Технологические основы структурообразования и формирования гетероком-
зитных покрытий для крупногабаритного
технологического оборудования**

Студенты гр.43В-16 Яхёев З.К., гр.101М-17 Мирзаева Г.М.

Научный руководитель Рахматов Э.А.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

г. Ташкент

Из-за больших габаритов и сложной конфигурации деталей рабочих органов технологических машин по переработке хлопка в настоящее время не представляется возможным подвергать КПП известным методам их физической модификации на поверхности деталей рабочих органов машин.

Поэтому в качестве полимерных связующих были выбраны терморезактивные полимеры – ЭД-20 и ФАЭД-20, отверждённые полиэтиленполиамином (ПЭПА) в количестве 10 и 12 мас. ч., соответственно, обеспечивающим холодное отверждение. В качестве пластификатора выбраны традиционно используемый ДБФ и вторичное сырьё ГС в количестве 10 мас. ч. каждого.

Исследована закономерность отверждения эпоксидных и фураноэпоксидных композиций различного состава, отверждённых на солнце и в тени. Эксперименты проводились в августе месяце в условиях города Ташкента при температуре окружающей среды (T_{oc}) в тени 30 ± 2 и 42 ± 2 °С на открытой местности. Интенсивность естественной солнечной радиации составила $710-750 \text{ W/m}^2$.

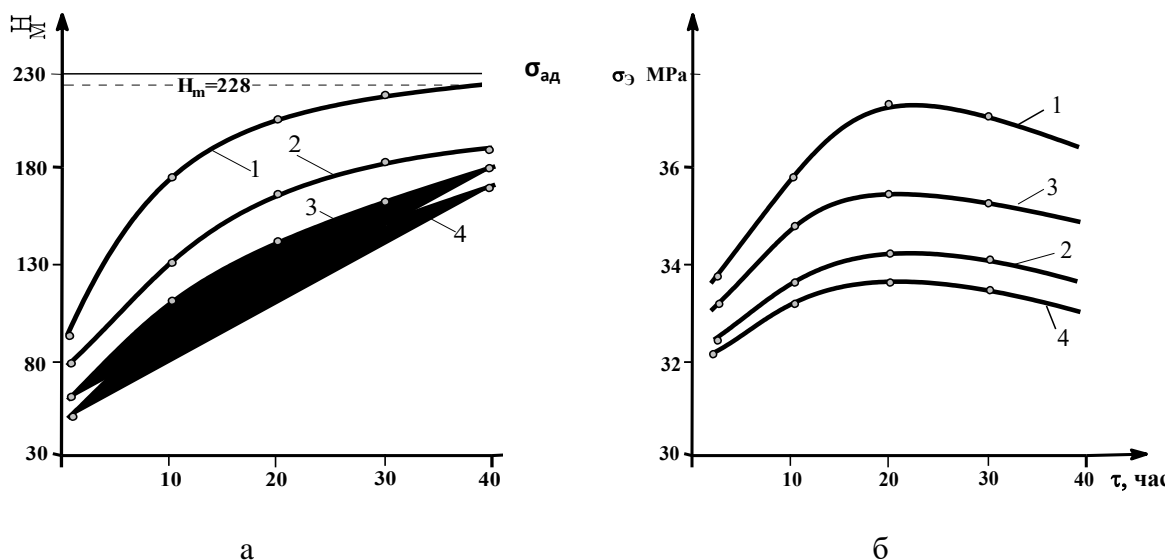
Исследования показали, что формирование гетерокомпозиционных покрытий под воздействием естественной солнечной радиации значительно (в два-три раза) ускоряет отверждение. При этом установлено, что содержание ПЭПА практически не влияет на процесс отверждения и оптимальным является 10 и 12 мас.ч. для ЭД-20 и ФАЭД-20, соответственно, что было выбрано нами в дальнейших исследованиях.

На рис. 1 показаны результаты экспериментального исследования изменения микротвердости, качественно характеризующей степени сшивки эпоксидных и фураноэпоксидных покрытий, а также адгезионной прочности от продолжительности солнечной радиации.

Видно, что после 30 часового воздействия солнечной радиации микротвердость покрытия плотно приближается к микротвёрдости термообработанных эпоксидных ($H_{MЭ}=228 \text{ МПа}$) и фураноэпоксидных ($H_{MФ}=182 \text{ МПа}$) покрытий, что свидетельствует о достижении максимальной степени отверждения (рис.6 а). Частичная замена (до 50%) ДБФ с ГС несколько снижает механические свойства как эпоксидных, так и фураноэпоксидных покрытий, что, по-видимому, связано с лучшей пластифицирующей способностью. Это можно объяснить некоторым увеличением значения адгезионной прочности ЭДК и ФАЭДК, имеющих в составе ГС, не зависимо от продолжительности времени обработки (рис.6.б).

При этом также было установлено некоторое увеличение ударной прочности эпоксидных и фураноэпоксидных покрытий, модифицированных ГС, обеспечивающее их эксплуатационную долговечность.

Наши исследования показали, что в процессе формирования покрытий в обычных условиях крупные частицы наполнителя, за счет их сравнительно меньшей удельной поверхности, оседают к подложке. В результате неравномерного распределения частиц наполнителя по объему покрытия и их чрезмерное увеличение в разделе фаз покрытие-подложка снижает адгезионную прочность. Это приводит к преждевременному отслаиванию покрытий.



а
 1-ЭД+20 мас.ч. ДБФ, 2- ЭД+10 мас.ч.ДБФ и 10 мас.ч.ГС,
 3-ФАЭД + 20 мас.ч. ДБФ, 4-ФАЭД+10 мас.ч.ДБФ и 10 мас.ч.ГС

Рисунок 1 - Зависимость микротвёрдости (а) и адгезионной прочности (б) гетерокомпозиционных эпоксидных (1,2) и фураноэпоксидных (3,4) покрытий от продолжительности воздействия солнца в естественных условиях

При обработке на дисмембраторной установке волластонитового концентрата в течение 600 с образуется измельчённый волластонит дисперсией $d \leq 20 \mu$. При этом, значения k_a этих частиц находятся в пределах 1,0-1,2, что по структуре становится обычным зернистым наполнителем и не обладает армирующей способностью.

В связи с этим выбрали время механоактивации волластонитового концентрата 30-50 сек., что обеспечило анизотропию размеров частиц волластонита равными 2,5-3,0 при размерах частиц $50 \leq d \leq 100 \mu$ (режим механоактивации: $n=2800$ об/мин., рабочий зазор $\Delta=0,5$ мм.)

Таким образом, найден эффективный способ использования наполнителя из местного сырья, обеспечивающий новые свойства материалам и структурообразование эпоксидных гетерокомпозиционных покрытий, достигаемых совместным механоактивированием минерала и полимера на дисмембраторной установке в определённых соотношениях.

Перспективные композиционные материалы с использованием местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности для машиностроительного назначения

Студенты гр.43 в -16 Яхёев З.К., гр.101М-17 Мирзаева Г.М.

старший преподаватель Рахматов Э.А.

Научный руководитель Юлдашов Д.Я.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

г. Ташкент

Надежность при эксплуатации узлов и механизмов различных агрегатов, оборудованных и транспортных средств, работающих в производственных объектах *республики* во многом зависит от эксплуатационных показателей и состава применяемых в нем композиционных эластомерных, полимерных материалов. В этой связи в НИЛ ТГТУ ведутся научные исследования предусмотренной программой локализации, создание композиционных материалов с использованием местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности.

Коррозионная и химическая стойкость базальтопластиков делают их весьма перспективными при производстве фрикционных материалов, способных эксплуатироваться в климатических условиях Центральной Азии. С другой стороны, создания композиционных материалов фрикционного назначения позволяет решать, наряду с экономической задачей, важную экологическую проблему-исключение канцерогенного асбеста, и тем самым улучшить экологическую обстановку в производственных помещениях.

На сегодняшний день фанера бакелизированная широко используется в качестве пола кузовов автобусов "Isusu"ООО «СамАвто» Существенным недостатком традиционной фанеры является относительно низкая водо- и огнестойкость. С этой целью были изготовлены экспериментальные образцы с размерами 100 x 150мм фанеры покрытой модифицированным композиционным лаком, а также композиционные пластики – базальтопластики на базе местного сырья.

Испытание на водопоглощения образцов фанеры проводили по ГОСТ 11539-83 на ЦЗЛ ООО «СамАвто». Из полученных данных видно, что разработанные композиционные пластики меньше поглощает влагу, чем другие образцы (таблица 1).

Кроме того, в соответствии с поставленной целью нами был осуществлен термомеханохимический способ девулканизации отходов РТИ и шинного производства. Девулканизация резиновых отходов изучалась в среде специальных масел, представляющих собой модификатора, смеси конденсированных ароматических соединений полифенольного типа. Экспериментально показано, что введение модификатора облегчает процесс девулканизации, уменьшая время перехода резиновой крошки в пластичное состояние. Очевидно, это обусловлено тем, что частицы модификатора, обволакивая поверхность наполнителя, образуют тонкую пленки, предотвращают тем самым агломерацию частиц наполнителя. С другой стороны, молекулы модификатора создают благоприятные условия разрушения структуры углерод - каучукового геля с переходом макромолекулы каучука в более пластичное состояние. Все это, в конечном счете, способствует процессу девулканизации. Показано, что с увеличением содержания модификатора до 20 мас.ч. наблюдается ускорение процесса девулканизации, особенно это более эффективно в наполненных вулканизатах.

Важной задачей при девулканизации изношенных резин является достижение высоких показателей пласто-эластических свойств девулканизата (таблица 2). Установлено, что существенное влияние на пласто-эластические свойства девулканизата оказывает температура обработки. С увеличением температуры обработки резиновой крошки под действием сжатия и сдвиговой деформации сокращается время девулканизации от 30 до 20 минут.

Таблица 1 - Водопоглощение пластиков и фанеры

Образец фанеры	Бакелизированная (производство Россия)	Бамбуковая (производство Китая)	Пластико-вая (производство Китая)	Фанера покрытая композиционным лаком (Узбекистан)	Композиционные пластики (Узбекистан)
Толщина, мм	11,5	12,0	12,7	8,0	5,8
Плотность, г/см ³	0,7376	0,5748	0,5748	0,7514	1,7701
Водопоглощение, %	23,9	27,2	3,5	10,3	1,77

Таблица 2 - Экспериментальные данные по изучению девулканизации резиновых отходов в виде резиновых крошек размером 1,5 мм. T=160⁰C, τ = 30мин, P = 50кгс/см²

Содержание модификатора	Содержание каучука	Физико-механические свойства опытных образцов			
		Прочность, кгс/ см ²	Относ-е удл. %	Остаточ-е удл. %	Твердость
Constanta - 20 м.ч	10 мас.ч	21	95	12	73
	20 мас.ч	42	215	20	76
	30 мас.ч	6	375	16	70

На основании проведенных исследований можно прийти к заключению в том, что композиционные пластики на базе местного сырья является наиболее водостойкими и с успехом могут быть использованы для настила пола кузовов автобусов. Разработанные базальтопластики благодаря высокой прочностью, водо- и огнестойкостью с успехом могут быть использованы при изготовлении шестерни, втулки и других видов конструкционных деталей и узлов машин работающие в агрессивных условиях, а также базальтовой ваты в качестве шумоизоляции в автомобилостроении и других видов автотранспортных средств, а также термостойких фильтр материалов при очистке вредных газов в промышленных предприятиях.

Thermal properties of thermal barrier coatings (TBC)

Master gr. 101M-17, Bektemirov B.Sh.

Scientific supervisor prof. Saydakhmedov R.X.

Tashkent State Technical University after named Islam Karimov

That high thermal property of ceramic coating controls the durability and effectiveness of a thermal barrier coating will be covered in this paper. A good thermal stability, a low thermal conductivity, a high coefficient of thermal expansion (CTE) in combination with a high fracture toughness are the main required properties for the ceramic top coat on top of metallic components.

Thermal conductivity. In TBCs the thermal conductivity of the system can be seen as a combination of two main controlling factors; the radiation component due to photons and the lattice wave component based on phonons. The lattice waves can be seen as vibration waves that propagate through the lattice due to a displacement from the equilibrium position of atoms. The energy of these waves in an ideal solid without any type of defect would remain constant and hence due to non-thermal equilibrium of the waves, a high thermal conductivity would be achieved. In reality, these ideal solids never exist and due to lattice defects and grain boundaries, lattice waves are scattered upon interaction resulting in thermal equilibrium limiting the thermal conductivity through the material. The radiation component that is generated due to photons is a large contributing factor in the thermal conductivity at high temperatures. Literature has shown that dense materials act as black bodies, absorbing much of the radiated heat. If the amount of defects in the material is increased, the radiation component decreases due to reflection of the photons [1]. In Fig. 1, the coefficient of thermal conductivity at room temperature for some common TBCs is presented. [2].

The thermal conductivity can be understood using two simple equations, one that depends on the transportation of heat by phonon transfer through the solid, Eq. 1 [3].

$$K = \frac{1}{3} C_v * v * l$$

Where C_v is the specific heat of the solid, v is the speed of sound through the solid and l is the mean free path.

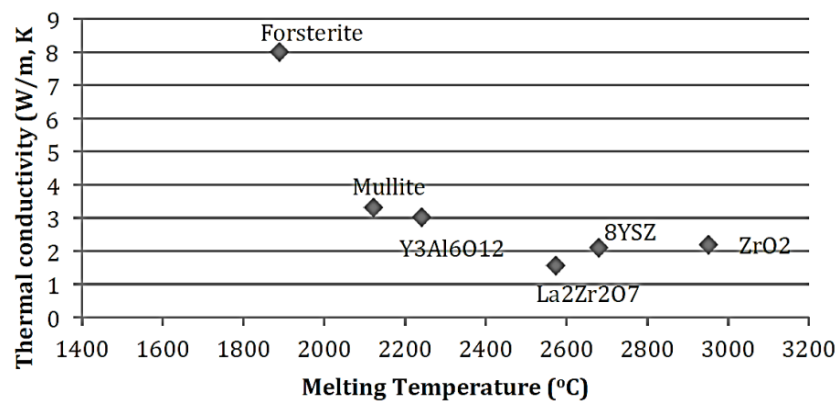


Figure 1 - Thermal conductivity at room temperature of selected TBC material [2].

The mean free path in this equation can be altered to lower the thermal conductivity by introducing lattice defects or porosities into the system that scatter the phonons. The influence of the porosity on the thermal conductivity can be seen by reviewing equation 2 [3].

$$K = \alpha * C_p * \rho$$

Where instead of the mean free path used in Eq. 1, the density ρ , is used together with the thermal diffusivity, α , and specific heat C_p . When reviewing the specific heat of a solid, C_v and C_p can be assumed the same. As Eq. 2 shows, an increase in density, as densification during sintering increases the thermal conductivity of the solid, resulting in a non-thermally stable TBC that loses its shielding properties at higher temperatures. The material parameter specific heat, defined as the amount of thermal energy the material can absorb (J/K, mol), plays a large role in the thermal

conductivity of the material. The behavior of the specific heat can be divided into two stages where in the initial stage the specific heat increases with increase temperature. In this stage the specific heat increases due the vibrations of the individual unit cell, vibrations that increases with temperature. At a certain temperature the wavelength of the phonons exceeds that of the unit cell, called the Debye temperature. Rendering the specific heat to be independent of the individual vibrations and the specific heat stabilizes [3].

Thermal expansion coefficient. One of the key aspects when designing and choosing a TBC system, in terms of topcoat and bondcoat is the thermal expansion of the individual components. To generate a durable and effective TBC, the thermal expansions of the components should match each other, reducing the thermal stresses induced during the cycling. If the difference in thermal expansion between the topcoat and the underlying material is large enough the generated mismatch stresses will result in failure of the TBC system. The thermal expansion/contraction depends on the coefficient of thermal expansion and the difference in temperature affecting the different layers in the system [2] Fig.12. Shows the linear CTE of some common topcoat materials together with the common substrates for exhaust components and the NiCrAlY bondcoat [2].

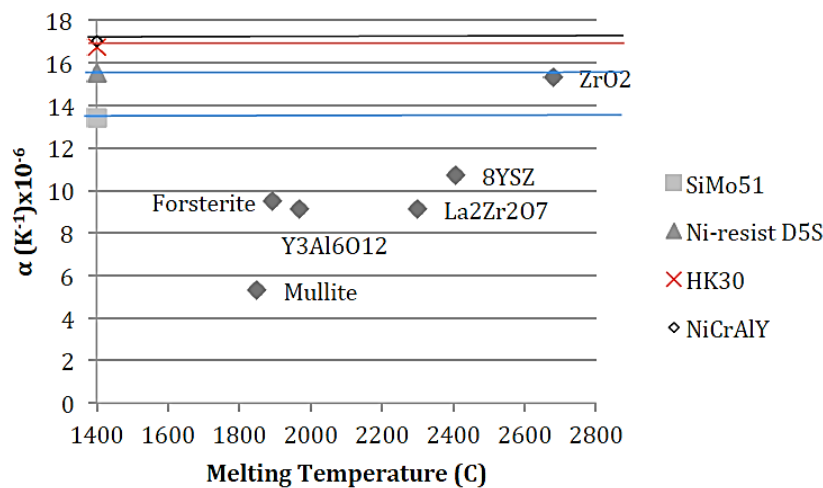


Figure 2 - Linear CTE of selected TBC materials [2]

Literature

1. Klemens PG, Gell M. Thermal conductivity of thermal barrier coatings. *Materials Science and Engineering: A* 1998;245(2):143-149 p.
2. Huibin X, Hongbo G. *Thermal barrier coatings*. 1st ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2011.
3. Gaskell DR. *Introduction to the thermodynamics of Materials*, Fifth edition. 5th ed. New York: Taylor and Francis group, LLC; 2008.

Cast bimetallic composition in the basis of molybdenum-structural steel for tool production

Master gr. 97M-17 Alikulov A.X.
Scientific supervisor Norkhudjaev F.R.
Tashkent State Technical University after named Islam Karimov.

Nowadays, it is important to increase the economic efficiency of industries, on the development of a new composition of the materials produced, as well as the efficient and cost-effective improvement of technologies for the production of products by casting in order to enhance the performance of economic: in this aspect the purposeful scientific - research work is the very improvement, as well as the carrying out of scientific - research in the direction of the development of composite materials using special cast bimetallic composition ensures product quality; creation and production of new energy and material saving metal layered compositions based on the latest scientific and technological achievements, which economize scarce tool materials and increase productivity.

Cast bimetallic compositions (LBK) are the most important class of composites with wide range and a unique combination of such valuable properties as high strength, corrosion resistance, electrical and thermal conductivity, heat resistance, wear resistance, etc. parts and equipment, but also significantly reduce the consumption high-alloy steels, scarce and expensive non-ferrous metals (nickel, chromium, copper, molybdenum, etc.), reduce energy consumption and specific quantity of metal, maintenance costs, production of spare parts and repair equipment [1-2].

For the manufacture of matrices, molybdenum and its alloys are becoming more common, due to their high heat resistance and long-term strength at 1000 °C, high thermal conductivity and relatively low coefficient of thermal expansion. The use of molybdenum alloy matrices gave good results when pressing, both ferrous metals and non-ferrous alloys. The use of the alloy as gauge inserts of prefabricated dies for pressing molybdenum alloys to a circle with a diameter of 45 – 95 mm and heat resistant alloys to a circle with a diameter of less than 200 mm on vertical and horizontal presses with a force of 15 to 63 MN provided an increase durability of the pressing tool (dies) in 10-50 times [2]. In the process of the matrix – the insert is in conditions of all-round compression – the punch through the workpiece and the lead-in portion of the matrix acts on the insert and ring. The reaction of the rigid support on the chamfer side balances the pressure on the insert from the bar side. Under conditions of all-round compression, cast carbide-containing materials have the longest service life, and the increased heat resistance of such a material prevents formation of hot cracks, which dramatically increases the durability of the die and the quality of pressing [2].

The entry cone of composite matrix of steel 3X2B8Φ undergoes uniform abrasive wear with the formation on its surface of sufficiently deep scratches, traces of which, however, are not present on the extruded metal. Compared with steel matrices, the life of this matrix has increased 10 times [2].

Currently, the matrix of this type is successfully operated at a number of metallurgical enterprises in the country. The results suggest that for high-temperature pressing of refractory metals a composite matrix is promising, combining the advantages of inserting eutectic alloys of the Mo-(W)-Ti-C system for the zone of the calibrating point and steel lead-in portion of a given geometry [2].

The disadvantages of the alloy include smelting and casting technology, which characterized and by high labor intensity, complexity and power consumption, and the process of the mechanical processing requires the use of special tools with cutting elements made of superhard materials, which together significantly reduces the efficiency of this alloy. The use of inserts of molybdenum alloys requires the selection of special materials for die bodies. In addition, the introduction of molybdenum alloys is constrained by their high cost. The cost of the tool is not always offset by

increasing its durability. Nevertheless, the high performance properties of molybdenum alloys suggest that they are promising materials for hot pressing matrices of non-ferrous and ferrous metals. In order to eliminate the above disadvantages, it is advisable to use cast bimetallic compositions between molybdenum alloys and structural steels for die tools and tooling. This method attracts the rational use of molybdenum alloys, reducing the complexity and duration of the production cycle and, most importantly, allows you to retain all the advantages of forged tool material, combining them with the advantages of casting technology. When using molybdenum alloys for die tools, the question of the rational use of these very expensive and scarce materials always confronts designers and technologists. One of the ways to solve this problem is the development of scientific and technological foundations for creating effective LBK and high-strength products from them by casting on gasified models, which together open wide opportunities for reducing consumption of scarce materials and for realizing potential resources of a combination of materials in the composition.

Obtaining a metallic layered LBK composition of type casting structural steel – a working insert is possible if the physicomachanical characteristics of materials are comparable. Compositions of this type are a compound between molybdenum foundry structural steels. The main advantage of this class of compound is a reduction in the consumption of molybdenum alloys due to partial replacement of them with more accessible structural steels, and a reduction in the labor intensity of manufacturing die and multi-blade cutting tool complex profile.

Literature

1. Тактуев А. С., Фурман Е. Л. Технологии литья биметаллических изделий, отливок / Труды XII Международной научно – практической конференции студентов и молодых ученых СТТ.- Томск: ТПУ, 2013. С.40 – 42.
2. Норхуджаев Ф. Р. Разработка теоретической и технологической основы производства и термической обработки металлических слоистых композиций. : Дис...д-ра. техн.наук. – Ташкент, 2016. – 210 с.

Технологические особенности использования породоразрушающих инструментов из порошков карбидов и нитридов тугоплавких металлов

Магистрант гр.126М-18 ММТ Камолова И.О.
Научный руководитель Нурмуродов С.Д.
Ташкентский государственный технический
университет имени Ислама Каримова
г.Ташкент

В настоящее время на кафедре «Материаловедение и технологии материалов» специалистами ведутся обширные научно-исследовательские работы по улучшению качества, снижению себестоимости изготовления, совершенствованию технологии изготовления буровых коронок, а также разработке новых видов материалов для инструментов [1,2].

В породоразрушающих инструментах в качестве истирающего материала или рабочей инструментальной составляющей применяются в основном алмазы и твердые сплавы. Соединения рабочей инструментальной вставки с конструкционной несущей основой производятся при помощи механического крепления, сварки, пайки и наплавки.

В существующих технологиях изготовления буровых коронок имеются следующие недостатки:

-высокая трудоемкость и высокий процент использования инструментального материала (до 40%);

-наиболее уязвимым в инструменте при механическом креплении и сварке является место его соединения. Прочность инструмента при этом не дает гарантий по надежности и долговечности;

-пайка твердых сплавов в основу производится в центральных механических мастерских при помощи газовой сварки. Для получения более точных размеров коронок используются специальные приспособления и печи. Несмотря на все это, качество соединения и в целом инструмента не достаточно высокое.

Внимание конструкторов и технологов всегда привлекала возможность изготовления буровых коронок литьем. Однако, несмотря на неоспоримые преимущества - снижение материалоемкости и трудоемкости производства, особенно инструментов сложной формы (к которым относятся и коронки), эта технология до настоящего времени не нашла широкого применения. Главной причиной такого положения является отсутствие четких научно обоснованных представлений о механизме и кинетике процессов, протекающих при формировании биметаллических композиций, следовательно, и технологических основ получения литых биметаллических инструментов различного целевого назначения. Главной целью настоящей научно-исследовательской работы является разработка научно-методических и технологических основ изготовления буровых коронок на основе литых биметаллических композиций [4].

В существующих разработках четко выделились три схемы получения литого инструмента:

-Цельнолитой инструмент, получаемый путем переплавки отходов инструментального производства и заливки расплава в формы;

-Биметаллический инструмент, получаемый последовательной заливкой расплавов несущей основы и инструментальной составляющей в форму;

-Биметаллический инструмент, полученный путем использования вставки - рабочего элемента из инструментального материала и литой несущей основы.

Из известных способов литья наилучшие показатели по качеству производимых инструментов имеют прецизионные способы: литье в металлические формы, литье по выплавляемым моделям и литье по газифицируемым моделям [3].

Из названных способов литья наиболее приемлемым способом для получения качественных и экономичных буровых коронок является литье по газифицируемым моделям [5].

Это обусловлено доступностью технологии, экономным расходом материальных и энергетических ресурсов. Использование неизвлекаемой модели, отсутствие специальных формовочных смесей в создании полости формы делают данный способ литья весьма перспективным для получения биметаллических отливок. Универсальность данного способа литья позволяет без сложных технологических приспособлений и операций изготовить биметаллический инструмент из вставки и литой несущей основы.

На кафедре «Материаловедение» была разработана новая технология производства рабочей части инструмента из порошков тугоплавких металлов методом порошковой металлургии. При разработке данной технологии была использована производственная база предприятия «Научно производственное объединение по производству редких металлов и тугоплавких сплавов».

Список литературы

- 1.Палий П.А.,Корнеев К.Е. Буровые долото. Справочник. Изд. 3-е. М., изд-во «Недра», 1971. С.446.
- 2.Лощак М.Г.Прочность и долговечность твердых сплавов. Киев: Наукова думка, 1984.-328 с.
- 3.Михайлов А.А., Литовка В.И., Волощенко М.В. Технологические особенности изготовления режущего твердосплавного инструмента методом литья.-Киев: Наукова думка, 1976.
- 4.Чекуров В.В. Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств литых биметаллических композиций для инструментов различного целевого назначения. Док. диссертация.-Ташкент, 1991.-376 с.
- 5.Степанов Ю.А., Гришин Д.С., Павлов В.А., Щуляк С.С. и др. Литье по газифицируемым моделям.:Машиностроение, 1976.-224 с.

Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственного машиностроения методом термоциклической обработки

Студент гр. 74-18 Муродов А.С.

Научный руководитель Юсупов А.А.

Ташкентский государственный технический университет,

Узбекистан, г. Ташкент

Современное сельскохозяйственное машиностроение Республики Узбекистан существенно расширяет выпуск хлопкоуборочных машин. В процессе эксплуатации хлопкоуборочных машин из-за износа выходит из строя большое количество различных типа деталей шестерен и вал-шестерен.

Работоспособности шестерен определяется по долговечности зуба. Обычно шестерни изготавливаются из низкоуглеродистой стали (содержание углерода 0,1-0,25%), после заключительной термической обработки - цементации, закалки и низкого отпуска. Увеличение скорости цементации достигается применением цементации в газовых средах.

В настоящей работе делается попытка повысить износостойкости сталей, циклической закалкой с индукционным нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Циклическая закалка заключается в многократном воздействии на металлы и сплавы изменений температуры при нагревах и охлаждениях с целью формирования структуры и получения необходимых механических свойств [1].

Для сравнение производственных данных выбранные образцы из стали 18ХГТ подвергали цементации в шахтных печах вместе с садкой из шестерен в цеховых условиях завода АО «Агрегатный завод».

Для получения предварительных данных использовали образцы стали 65Г. Химический состав исследуемой стали приведен в табл. 1. Образцы для исследования нагревали на различные температуры: 450°, 570°, 700°С, количество повторяемости циклов равнялось до 7 раз. Температуры нагрева были выбраны исходя из существующих режимов термоциклической обработки. После каждого нагрева проводилось охлаждение на воздухе под вытяжкой (ожидаемый способ охлаждения при разработке промышленной технологии). После последнего нагрева 950°С проводили закалку в масло и отпуск 180°С. Образцы имели размеры 20x20x7 мм. В целях регистрации структурных изменений при циклировании часть образцов исследовалась без окончательной закалки и отпуска. Для термической обработки использованы более современные установки индукционного нагрева ВЧГ2-100/066 (100 кВт, 66 кГц).

Для обеспечения равномерного прогрева образцов скорость нагрева при циклировании ограничивалась 110-120°/с. Для оценки температурно-временного фактора при проведении циклической закалки к образцу припаивалась термопара, подсоединенная к быстродействующему потенциометру для регистрации температуры.

Таблица 1 - Химический состав исследуемой стали

Марка стали	Содержание элемента, % масс.				
	C	Mn	Si	S	P
65Г	0,65	1,05	0,2	0,035	0,035

Испытания на изнашивание проводили при трении скольжения по незакрепленному абразивному материалу на установке ПВ - 7 в соответствии по методике [2].

Относительную износостойкость определяли, как сравнение потерь массы эталонного образца (индукционная закалка с 900° + отпуск 180°С). До и после испытаний образец взвешивали на аналитических весах ВЛА - 200М с точностью до 0,1 мг, повторяемость опытов равнялась 5. Оценка параметров структуры проводилась методами количественной металлографии, рентгеноструктурного анализа по известным методикам [3].

Циклический нагрев образцов стали 65Г с последующим охлаждением на воздухе способствует сфероидизации исходно пластинчатой структуры стали. Особенно четко эта картина наблюдается при нагреве стали в субкритической области температуры 450°, 570° и 700°С.

Уровень дефектности кристаллического строения стали 65Г после циклической обработки в интервале докритических температур мало зависит от температуры циклирования и количества циклов. Только нагрев выше критической температуры A_{c1} с последующим охлаждением на воздухе формировали менее равновесные структуру и повышенную дефектность кристаллического строения.

Циклическая термическая обработка стали 65Г может создать структуру с более высоким уровнем плотности дефектов кристаллического строения. Оптимальным вариантом следует считать режим, включающий предварительное циклирование с нагревом 450°С. Циклическая термическая обработка по оптимальным режимам стали 65Г может обеспечить повышения износостойкости около 30%, по сравнению обычного индукционного нагрева до 900°С и 2 раза больше абразивной износостойкости сталей стандартной закалки.

Высокая износостойкость стали 65Г после циклической закалки и низкого отпуска является следствием максимального использования возможностей закаленной стали в повышении износостойкости (максимальная твердость и повышенная плотность дефектов кристаллического строения). Преимущество термоциклической обработки заключается в экономии большого количества электроэнергии и газообразного углеводорода, обеспечении долговечности деталей шестерен и вал-шестерен для хлопкоуборочных машин.

Несколько иные результаты имеют место при проведении окончательной индукционной закалки и низкого отпуска. Образцы после различных вариантов термической обработки имели одинаковую микроструктуру, величину зерна и твердость (59-60 HRC), отличие имелось в уровне дефектности кристаллического строения, обнаружилось некоторые преимущества при проведении 2-х-5 циклов при 450°С. При других температурах предварительной циклической обработки уровень дефектности кристаллического строения получается либо ниже, либо этот эффект не стабилен (например, при 550° и 700°С).

Циклическая термическая обработка стали 65Г может создать структуру с более высоким уровнем плотности дефектов кристаллического строения. Оптимальным вариантом следует считать режим, включающий предварительное циклирование с нагревом 450°С. Циклическая термическая обработка по оптимальным режимам стали 65Г может обеспечить повышения износостойкости около 30%, по сравнению с обычным индукционным нагревом до 900°С и 2 раза больше абразивной износостойкости сталей стандартной закалки.

Высокая износостойкость стали 65Г после циклической закалки и низкого отпуска является следствием максимального использования возможностей закаленной стали в повышении износостойкости (максимальная твердость и повышенная плотность дефектов кристаллического строения). Преимущество термоциклической обработки заключается в экономии большого количества электроэнергии и газообразного углеводорода, обеспечении долговечности деталей шестерен и вал-шестерен для хлопкоуборочных машин.

Библиографический список

1. Бердиев Д.М. Повышение абразивной износостойкости сталей // Техника и технологии машиностроения // VI международная конференция, г. Омск. 20-21 апреля 2017. С. 3 - 8.
2. Тененбаум М.М. Сопrotивление абразивному изнашиванию – М.: Машиностроение, 1976. - 267 с.
3. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электроннооптический анализ - М.: МИСИС, 1994. - 328 с.

Производство расходных материалов для 3d принтеров и разработка материалов нового типа

Студент МехФ Б.Т.Тухтамуродов,
науч.рук. стар.препод.Джалалова С.Т.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
г.Ташкент

На сегодняшний день молодые исследователи Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова Тухтамуродов Бехзод Тоирович, Жуманиязов Алибек Балтабаевич, Нетьматов Бобурбек Боходирович, Ташпулатов Жавохир Абдуллаевич ведут исследования над локализацией и разработкой новых видов расходных материалов для 3D принтеров.

3D печать – технология изготовления модели изделия, построенная на основе метода послойного наращивания объемного объекта, в процессе которой применяются различные расходные материалы

Номенклатура материалов, пригодных для печати на 3D принтере постоянно увеличивается и на сегодняшний день включает несколько десятков видов. Это пластмассы, нейлон, бумага, древесное волокно, гипс, акрил, фотополимеры, металл и даже пищевые продукты.

С развитием технологии 3D печати, появились наиболее часто используемые расходные материалы для 3D принтеров такие как: ABS, PLA, PVA, нейлон, фотополимеры, металлический порошок и другие.

ABS-пластик – ударопрочный материал, относящийся к инженерным пластикам. Обладает более высокой износостойкостью к ударным нагрузкам. Износостоек. Выдерживает кратковременный нагрев до 90-100 °С. Рекомендуются для точного литья. Имеет высокую размерную стабильность. Дает блестящую поверхность. Растворяется в ацетоне, эфире, бензоле, этилхлориде, этиленхлориде, анилине, анизоле. Свойства ABS -пластика можно изменять в широких пределах посредством модификации исходного материала. Объекты, изготовленные из ABS -пластика, отличаются блестящей поверхностью. Сам материал полупрозрачный, с желтым оттенком, а также может быть окрашен в различные цвета. Главные недостатки материала – чувствительность к атмосферным осадкам и ультрафиолету. ABS имеет низкий уровень электроизоляции и практически не поглощает влагу, нетоксичен. Материал доступен, цена практически в два раза ниже нежели чем у главного конкурента – PLA-пластика.

PLA пластик (полилактид) – самый экологичный пластик для 3D принтера и оптимальный расходный материал. Полилактид изготавливается на основе биологических отходов (силос кукурузы, сахарная свекла). Чаще всего из PLA изготавливают детские игрушки, медицинские принадлежности и пищевой пластик, так как материал обладает минимальным уровнем токсичности, по сравнению с другими материалами.

Фотополимеры имеют большое число разновидностей, однако каждая из них изменяет свою форму под действием солнечных лучей. Фотополимеры могут быть как твердыми, так и жидкими. Объекты, созданные на базе фотополимеров – прочны, устойчивы к влаге и солнечному свету.

PVA – поливинилацетат или всем известный клей ПВА. Главное достоинство данного расходного материала является – его отличная растворимость в воде, при этом в других случаях это главный недостаток материала. Предназначение поливинилацетата – поддерживающая роль при изготовлении объектов уникального дизайна и сложной геометрии. PVA пластик также довольно часто используется как разделитель для деталей, напечатанных на 3D-принтере. Одним из недостатков материала является его дороговизна.

Металлический порошок может быть получен из таких металлов как алюминий, медь, золото и серебро, а также сплавы этих металлов. Объекты, изготовленные на основе

металлического порошка, отличаются особым металлическим блеском, который не может быть получен при использовании ABS пластика. Данный материал нашел широкое применение в ювелирном мастерстве и создании драгоценностей. Получаемые модели очень прочны. Стоимость порошка зависит от металла, на базе которого он получен.

Нейлон очень схож по своим свойствам с таким материалом как ABS пластик. Но имеет большую устойчивость к высокой температуре и впитывает влагу.

Существующие расходные материалы не всегда удовлетворяют всем предъявляемым требованиям, по этой причине существует потребность к исследованиям над новыми видами расходных материалов, которые могли бы применяться в нескольких сферах одновременно.

Сегодня в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова ведутся работы по использованию металлических порошков при печати методом FDM. Ожидается, что этот разрабатываемый материал будет более дешёвым и одновременно иметь технические параметры близкие к материалам используемым сегодня на основе лазерного метода.

Литература

1. Canessa E., Fonda C., Zennaro M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development / E. Canessa [et al.]. – 1st ed. – Italy: ICTP «The Abdus Salam», 2013. – 192 p. – ISBN 92-95003-48-9.
2. Д.Горьков. 3D-печать с нуля (подробное руководство по обучению работе на 3D-принтере). – М.:3d-print-nt, 2015.– 400 с.
3. <https://cyberleninka.ru/article/v/novye-tehnologii-v-industrii-pitaniya-3d-pechat>

Использование математического моделирования при проектировании технологических процессов в машиностроении

Студент гр. 58-18 Шадиев С.

Научный руководитель Ташматова Ш.С.

Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Современное развитие вычислительной техники явилось основой создания новых технологий в области проектирования и производства изделий в различных областях машиностроения. Применение средств автоматизации конструкторской деятельности стало необходимой предпосылкой успешной работы любого предприятия в современных экономических условиях. Поэтому роль и место систем автоматизированного проектирования за последнее время многократно возросло.

Важным направлением развития САПР является автоматизация проектирования новых изделий в машиностроении. Проектирование технологических процессов сборки изделий и обработки компонентов изделий является важнейшей задачей технологической подготовки машиностроительного производства, решить которую позволяет использование моделей и моделирования.

При моделировании и изучении объектов и процессов машиностроения в настоящее время вместе с математическими моделями широко используются методы имитационного моделирования. Они позволяют строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности, имитировать поведение объекта моделирования во времени, причём временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. В настоящее время производство сложных и уникальных изделий в машиностроении, как правило, сопровождается компьютерным трёхмерным имитационным моделированием. На сегодняшний день существует большое количество программного обеспечения для создания имитационных моделей, их расчета и анализа. К таким программам можно отнести системы автоматизированного проектирования 3D Max, T-FLEX, AutoCAD, Kompas 3D, SimulationX и многие другие.

К основным преимуществам использования компьютерного моделирования в производстве относятся:

- Более быстрое выполнение чертежей
- Повышение точности выполнения чертежей
- Повышение качества выполнения чертежей
- Возможность многократного использования чертежа
- Использование специальных чертежных средств
- Ускорение расчетов при проектировании.
- Высокий уровень проектирования.

К основным этапам компьютерного моделирования относятся:

- постановка задачи,
- определение объекта моделирования;
- разработка концептуальной модели,
- выявление основных элементов системы и элементарных актов взаимодействия;
- формализация, то есть переход к математической модели;
- создание алгоритма и написание программы;
- планирование и проведение компьютерных экспериментов; анализ и интерпретация результатов.

Различают аналитическое и имитационное моделирование.

Аналитическими называются модели реального объекта, использующие алгебраические, дифференциальные и другие уравнения, а также предусматривающие осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению. Аналитические модели являются эффективным инструментом для решения задач оптимизации процессов, протекающих в технологических системах, а также оптимизации и вычисления характеристик самих технологических систем.

Имитационными называются математические модели, воспроизводящие алгоритм функционирования исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций. Работа с имитационной моделью заключается в проведении имитационного эксперимента. Процесс, протекающий в модели в ходе эксперимента, подобен процессу в реальном объекте. Поэтому исследование объекта на его имитационной модели сводится к изучению характеристик процесса, протекающего в ходе эксперимента. Ценным качеством имитации является возможность управлять масштабом времени. Динамический процесс в имитационной модели протекает в так называемом системном времени. Системное время имитирует реальное время. При этом пересчет системного времени в модели можно выполнять двумя способами. Первый способ заключается в «движении» по времени с некоторым постоянным шагом. Второй способ заключается в «движении» по времени от события к событию, при этом считается, что в промежутках времени между событиями в модели изменений не происходит.

Принципы моделирования состоят в следующем:

- Принцип информационной достаточности. При полном отсутствии информации об объекте построить модель невозможно. При наличии полной информации моделирование лишено смысла. Существует уровень информационной достаточности, при достижении которого может быть построена модель системы.
- Принцип осуществимости. Создаваемая модель должна обеспечивать достижение поставленной цели исследования за конечное время.
- Принцип множественности моделей. Любая конкретная модель отражает лишь некоторые стороны реальной системы. Для полного исследования необходимо построить ряд моделей исследуемого процесса, причем каждая последующая модель должна уточнять предыдущую.
- Принцип системности. Исследуемая система представима в виде совокупности взаимодействующих друг с другом подсистем, которые моделируются стандартными математическими методами. При этом свойства системы не являются суммой свойств ее элементов.
- Принцип параметризации. Некоторые подсистемы моделируемой системы могут быть охарактеризованы единственным параметром: вектором, матрицей, графиком, формулой.

Сегодня без компьютерной автоматизации уже невозможно производить современное конкурентоспособное производственное предприятие. САПР в машиностроении используется для проведения конструкторских, технологических работ, работ по технологической подготовке производства. Современные САПР применяются для технологической подготовки, анализа и изготовления изделий в машиностроении, для электронного управления технической документацией. Объединение САПР с автоматизированной системой управления предприятием позволяет создать единый информационный комплекс.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что технология САПР ускоряет время, затрачиваемое на создание нового изделия, удешевляет производство любой конструкции, и, в результате, выгодна для применения. Исходя из этого можно сделать вывод, что тема актуальна сейчас, и будет актуальной в будущем.

Технологические особенности использования породоразрушающих инструментов из порошков карбидов и нитридов тугоплавких металлов

Магистрант гр.126М-18 ММТ Камолова И.О.
Научный руководитель Нурмуродов С.Д.
Ташкентский государственный технический
университет имени Ислама Каримова
г.Ташкент

В настоящее время на кафедре «Материаловедение и технологии материалов» специалистами ведутся обширные научно-исследовательские работы по улучшению качества, снижению себестоимости изготовления, совершенствованию технологии изготовления буровых коронок, а также разработке новых видов материалов для инструментов [1,2].

В породоразрушающих инструментах в качестве истирающего материала или рабочей инструментальной составляющей применяются в основном алмазы и твердые сплавы. Соединения рабочей инструментальной вставки с конструкционной несущей основой производятся при помощи механического крепления, сварки, пайки и наплавки.

В существующих технологиях изготовления буровых коронок имеются следующие недостатки:

- высокая трудоемкость и высокий процент использования инструментального материала (до 40%);

- наиболее уязвимым в инструменте при механическом креплении и сварке является место его соединения. Прочность инструмента при этом не дает гарантий по надежности и долговечности;

- пайка твердых сплавов в основу производится в центральных механических мастерских при помощи газовой сварки. Для получения более точных размеров коронок используются специальные приспособления и печи. Несмотря на все это, качество соединения и в целом инструмента не достаточно высокое.

Внимание конструкторов и технологов всегда привлекала возможность изготовления буровых коронок литьем. Однако, несмотря на неоспоримые преимущества - снижение материалоемкости и трудоемкости производства, особенно инструментов сложной формы (к которым относятся и коронки), эта технология до настоящего времени не нашла широкого применения. Главной причиной такого положения является отсутствие четких научно обоснованных представлений о механизме и кинетике процессов, протекающих при формировании биметаллических композиций, следовательно, и технологических основ получения литых биметаллических инструментов различного целевого назначения. Главной целью настоящей научно-исследовательской работы является разработка научно-методических и технологических основ изготовления буровых коронок на основе литых биметаллических композиций [4].

В существующих разработках четко выделились три схемы получения литого инструмента:

- Цельнолитой инструмент, получаемый путем переплавки отходов инструментального производства и заливки расплава в формы;

- Биметаллический инструмент, получаемый последовательной заливкой расплавов несущей основы и инструментальной составляющей в форму;

- Биметаллический инструмент, полученный путем использования вставки - рабочего элемента из инструментального материала и литой несущей основы.

Из известных способов литья наилучшие показатели по качеству производимых инструментов имеют прецизионные способы: литье в металлические формы, литье по выплавляемым моделям и литье по газифицируемым моделям [3].

Из названных способов литья наиболее приемлемым способом для получения качественных и экономичных буровых коронок является литье по газифицируемым моделям [5]. Это обусловлено доступностью технологии, экономным расходом материальных и энергетических ресурсов. Использование неизвлекаемой модели, отсутствие специальных формовочных смесей в создании полости формы делают данный способ литья весьма перспективным для получения биметаллических отливок. Универсальность данного способа литья позволяет без сложных технологических приспособлений и операций изготовить биметаллический инструмент из вставки и литой несущей основы.

На кафедре «Материаловедение» была разработана новая технология производства рабочей части инструмента из порошков тугоплавких металлов методом порошковой металлургии. При разработке данной технологии была использована производственная база предприятия «Научно производственное объединение по производству редких металлов и тугоплавких сплавов».

Список литературы

- 1.Палий П.А.,Корнеев К.Е. Буровые долото. Справочник. Изд. 3-е. М., изд-во «Недра», 1971. С.446.
- 2.Лощак М.Г.Прочность и долговечность твердых сплавов. Киев: Наукова думка, 1984.-328 с.
- 3.Михайлов А.А., Литовка В.И., Волощенко М.В. Технологические особенности изготовления режущего твердосплавного инструмента методом литья.-Киев: Наукова думка, 1976.
- 4.Чекуров В.В. Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств литых биметаллических композиций для инструментов различного целевого назначения. Док. диссертация.-Ташкент, 1991.-376 с.
- 5.Степанов Ю.А., Гришин Д.С., Павлов В.А., Шуляк С.С. и др. Литье по газифицируемым моделям.:Машиностроение, 1976.-224 с.

Экспериментальная электрохимическая установка для исследования формоизменения металлических образцов

Студент гр. ЭлЭТ-186 Власов К.В.

Научные руководители Котельва Р.В., Щеголева Т.А.

Донецкий национальный технический университет

г. Донецк

Сталь – основной конструкционный материал, который часто подвергается насыщению водородом при его эксплуатации (атомная энергетика и техника, нефтехимические производства и т.д.). Поэтому систематические исследования формоизменения стали под воздействием водорода, установление основных закономерностей этого явления в зависимости от параметров воздействия водорода является актуальной научной задачей. Активное взаимодействие сталей с газообразным водородом имеет место при высоких давлениях водорода. Однако стали можно легко насыщать водородом электролитическим методом, даже при относительно небольших плотностях катодного тока $0,01-1 \text{ A/cm}^2$, что эквивалентно насыщению металла из газовой фазы при давлениях в сотни и тысячи атмосфер. Одно из преимуществ данного метода заключается в его простоте.

В настоящей работе описана электрохимическая водородная установка (ЭВУ-5) для электролитического насыщения водородом металлических пластин, представленная на рисунках 1 и 2. Данная установка состоит из ванны из органического стекла, катода и анода. Катод (исследуемый образец) в виде тонкой пластинки, изолированный с одной стороны цапон-лаком, крепится нижним концом в зажиме. Другой конец образца – свободный и на него крепится удлинитель, который возвышается над уровнем электролита. Анод представляет собой платиновую проволоку, намотанную на держатели из керамических трубок, которые располагаются вокруг образца.

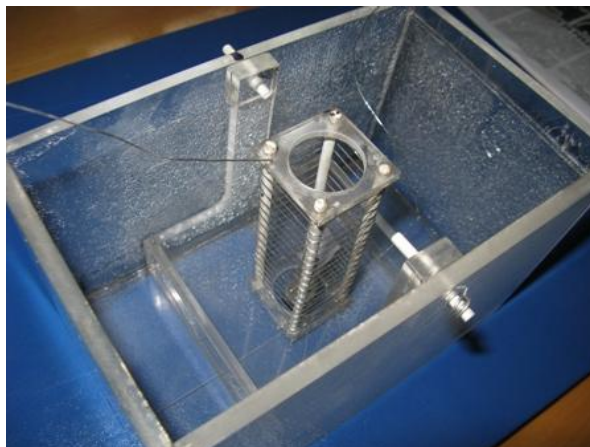


Рисунок 1 - Установка для электролитического насыщения металлических пластин водородом

Для экспериментов использовали никелевые пластинки толщиной 0,2 мм и длиной 50 мм. Образцы отжигали в вакууме при температуре $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение одного часа и охлаждали с печью до комнатной температуры. После отжига одну сторону никелевой пластинки защищали от электрохимического воздействия, покрывая цапон-лаком. Вторую сторону обезжиривали ацетоном, затем спиртом.

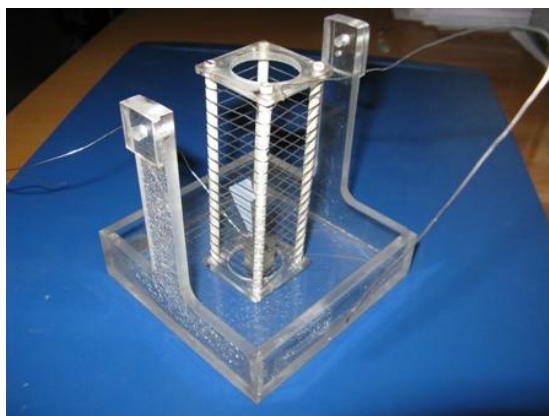


Рисунок 2 - Блок электрохимического насыщения образцов

Эксперименты по изучению формоизменения металлической пластинки проводили по следующей схеме. Исследуемый образец нижним концом закрепляли вертикально в держателе блока электрохимического насыщения. После монтажа рабочая длина образца составила 45 мм. На верхний конец образца закрепляли пластинку, предназначенную для регистрации величины стрелы прогиба. После этого блок электрохимического насыщения помещали в ванну из органического стекла и заливали электролит. В качестве электролита использовался 4%-ный раствор серной кислоты H_2SO_4 . Плотность тока составляла $0,05 A/cm^2$. Регистрацию изменений величины стрелы прогиба свободного конца образца во время эксперимента вели при помощи видеокамеры «Samsung». Полученную запись расшифровывали кадр за кадром и посекундно в компьютерных программах Sony Vegas и Pinnacle Studio.

По данным измерений построили временную зависимость стрелы прогиба образца в процессе его насыщения водородом (рис. 3).

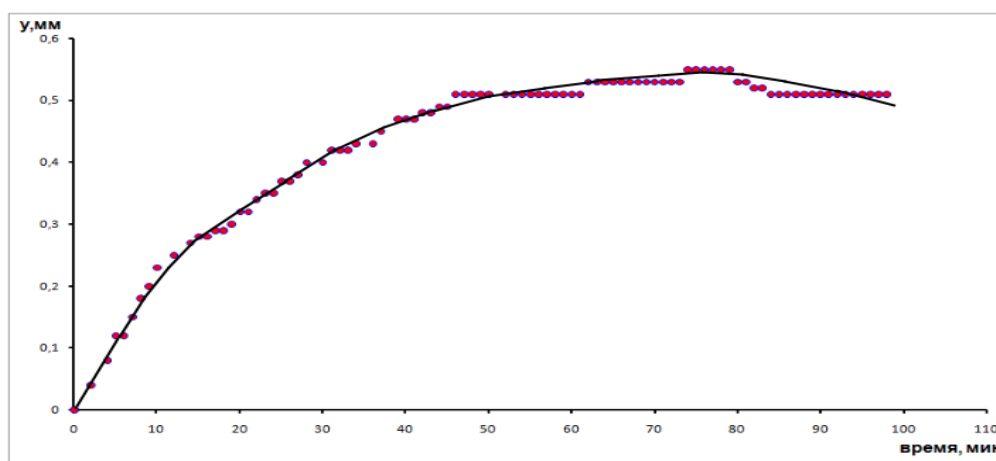


Рисунок 3 – Временная зависимость стрелы прогиба никелевой пластинки при ее достижении своего одностороннего насыщения водородом при плотности тока $0,05 A/cm^2$.

Стрела прогиба достигла своего максимального значения ($y_{max} = 0,55$ мм) за время $t = 74$ мин. Через 6 мин пластинка начала распрямляться, что скорее всего связано с перераспределением и уменьшением напряженного состояния.

Полученные результаты показывают, что данная установка позволяет проводить систематическое изучение формоизменения металлических пластин при различных режимах насыщения водородом электролитическим методом.

Экспериментальная методика исследования кинетики фазовых превращений, индуцированных водородом в магнитомягких сплавах железа и редкоземельных металлов

Студент гр. ИММ-17 Юркин В.С.

Научный руководитель Додонова Е.В.

Донецкий национальный технический университет

Ферромагнитные материалы на основе редкоземельных металлов и железа, такие как $Nd_2Fe_{14}B$, Sm_2Fe_{17} , Y_2Fe_{17} , широко используются для изготовления постоянных магнитов с высокой температурой Кюри, полем анизотропии и остаточной намагниченностью.

Экспериментально и теоретически было доказано, что повысить магнитные свойства данных материалов можно путем их наноструктурирования. Существуют различные методы получения структуры магнитных материалов со сверхмелкими зёрнами порядка 10-50 нм: разливка сплава на медный водоохлаждаемый барабан, химический синтез в механических мельницах, кристаллизация паров компонентов сплава и т.п.

Для получения высококоэрцитивных порошков для постоянных магнитов на основе сплавов железа и редкоземельных металлов применяют также водородную обработку, которая приводит к изменению фазово-структурного состояния материалов и улучшает их свойства. Одним из распространенных методов водородной обработки является так называемый HDDR – процесс (Hydrogenation–Decomposition–Desorption–Recombination) [1]. Его применяют при производстве высококоэрцитивных порошков $Nd_2Fe_{14}B$. Как известно, метод HDDR подразделяется на два этапа. На первом из них введение водорода в сплав при температурах 600–900 °С индуцирует протекание прямого фазового превращения – распада исходной интерметаллической фазы на гидрид редкоземельного металла и ферромагнитную фазу α -Fe, а в случае со сплавом $Nd_2Fe_{14}B$ еще и на борид железа Fe_2B . На втором этапе – при эвакуации водорода из сплава в вакууме при повышенной температуре – из этих фаз образуется (рекомбинирует) исходная фаза с измененной морфологией, в частности с измельченными до ~ 0,3 мкм зёрнами [2].

Учитывая вышесказанное, принципиально важной задачей является исследование кинетических закономерностей фазовых превращений, индуцированных водородом в магнитомягких сплавах для постоянных магнитов, которое позволило бы построить изотермические кинетические диаграммы и с их помощью определить оптимальные параметры водородно-вакуумной обработки сплавов, а также установить основные факторы, определяющие развитие превращений. Целью настоящей работы являлась разработка методики исследования кинетики фазовых превращений, индуцированных водородом, в магнитомягких сплавах железа и редкоземельных металлов, а также создание специальной водородно-вакуумной установки, которая позволит регистрировать протекание прямых и обратных ИВФП в режиме непрерывного контроля их развития.

В основу методики регистрации количества новых фаз был положен магнитометрический метод Б.А. Садикова, используемый для исследования фазовых превращений в сталях [3]. Тот факт, что в исследуемом температурном интервале (610-760 °С) исходные сплавы Sm_2Fe_{17} и Y_2Fe_{17} , парамагнитны ($T_c=312$ °С), а фаза α -Fe является ферромагнитной, позволил регистрировать относительное изменение количества фаз в процессе протекания ИВФП с помощью специально созданной экспериментальной установки, которая позволяет проводить обработку сплавов в атмосфере водорода и в вакууме при относительно высоких температурах (до ~800-900 °С).

Принципиальная схема водородно-вакуумной части созданной установки приведена на рисунке 1. Данная установка позволяет изучать кинетику индуцированных водородом фазовых превращений в интервале рабочих давлений водорода от 0,1 до 0,2 МПа, в вакууме до

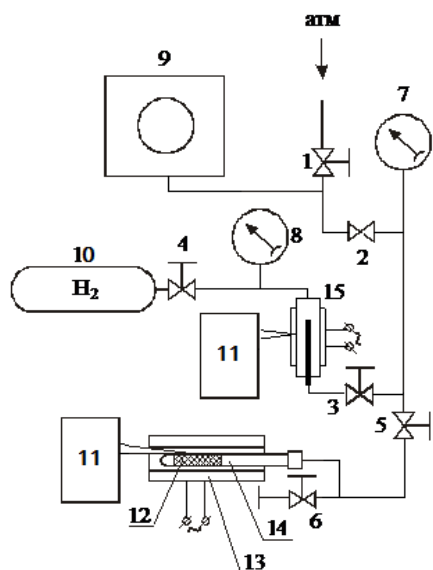


Рисунок 1 – Принципиальная схема водородно-вакуумной установки

~1 Па и при температурах до 900 °С.

Установка выполнена в настольном варианте и имеет следующие узлы: баллон для хранения водорода 10; вентили 1–6; 7 – манометр для контроля давления водорода в ходе фазового превращения, 8 – для контроля давления водорода, поступающего в диффузионный фильтр водорода 15; реакционная камера из неферромагнитной нержавеющей стали 14, в которую помещается образец 12. Нагрев рабочей камеры осуществляется электропечью 13, питаемой постоянным током. Температура образца, а также температура палладиевой мембраны диффузионного фильтра водорода измеряется хромель-алюмелевой термопарой с помощью цифрового вольтметра В7-21А – 11. Контроль и регулировка температуры осуществляется блоком высокоточной регулировки температуры, созданным на основе блока ВРТ-2 с точностью $\pm 0,05$ °С. Система может вакуумироваться до давления ~1 Па форвакуумным насосом ВН-641М – 9.

Перед подачей в рабочую камеру водород очищался от примесей с помощью фильтра изотопов водорода с диффузионным фильтрующим элементом трубчатого типа из сплава палладия В-2 [4].

Блок регистрации относительного количества фаз в ходе превращений состоит из намагничивающей катушки и двух идентичных измерительных катушек, расположенных вокруг рабочей камеры и включенных встречно друг другу, цифрового вольтметра Ф-564, использующегося как основной измерительный прибор, а также регистрирующего самописца КСП-4.

В условиях проводимого эксперимента цифровым вольтметром регистрировалась дифференциальная ЭДС взаимной индукции ΔE , равная разности ЭДС взаимной индукции, индуцируемых намагничивающей катушкой в измерительной катушке без образца и с образцом сплава, который претерпевает ИВФП. При фазовом превращении ЭДС взаимной индукции зависит от количества ферромагнитной составляющей в образце исследуемого материала. По полученным в ходе эксперимента данным были построены кинетические кривые прямого и обратного ИВФП в исследуемых сплавах.

Таким образом, была разработана и отлажена методика исследований прямых и обратных ИВФП в режиме непрерывного контроля их развития. Это позволит экспериментально установить основные закономерности кинетики ИВФП в магнитотвердых сплавах железа и редкоземельных металлов, а также исследовать влияние температуры и давления водорода на кинетику изучаемых превращений в данных сплавах, обобщить полученные экспериментальные данные в форме изотермических кинетических диаграмм фазовых превращений.

Литература

1. Gutfleisch, O. Texture inducement during HDDR-processing of NdFeB / O. Gutfleisch [et al.] // IEEE Trans. Magn. – 2002. – Vol. 38. – P. 2958-2967.
2. Gutfleisch, O. Characterisation of solid-HDDR processed Nd₁₆Fe₇₆B₈ alloys by means of electron microscopy / O. Gutfleisch [et al.] // J. Magn. Mater. – 1995. – Vol. 147. – P. 320-330.
3. Лившиц, Б.Г. Физические свойства черных металлов и методы их испытаний. – Москва-Ленинград: ОНТИ, 1937. – 253 с.
4. Гольцов, В.А. Диффузионные фильтры изотопов водорода / В.А. Гольцов, А.Ф. Волков // Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами: сборник докладов IV международной конференции IHISM'10. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011. – С. 283-286.

Машины и технология литейного производства

Жидкостекольные стержневые смеси в литейном производстве

Студенты: гр. 10404116 Горбань И.Н., гр. 10404115 Русевич О.А.
Научных руководитель: ст. преподаватель каф «МиТЛП» Гуминский Ю.Ю
Белорусский национальный технический университет
г. Минск.

Главное место в литейном производстве среди нетоксичных, экологически чистых смесей, несомненно принадлежит жидкостекольным смесям. Связующим в данных смесях является жидкое стекло. В зависимости от сырья, применяемого при изготовлении стекловидной массы, жидкостекольное связующее бывает трёх сортов. В литейном производстве Беларуси применяется натриевое жидкое стекло, путем искусственного отверждения. Процесс сопровождается появлением адгезионных связей к огнеупорному наполнителю и может осуществляться при высушивании смеси или за счет использования специальных химических добавок. Данные добавки-отвердители бывают: газообразными, твердыми и жидкими.

Технологический процесс производства жидкостекольных смесей, благодаря достижениям в этой области, разделён на три этапа, он разделен в соответствии с использованием разных отвердителей.

Первый этап начался в конце 40-х годов, когда разработан так называемый «СО₂– процесс», где в качестве химического реагента – в качестве отвердителя используется углекислый газ[1, с. 52]. До этого жидкостекольные смеси отверждали только методом тепловой сушки. При продувке смеси углекислым газом химические процессы приводят к отверждению смеси, при этом образуется гель кремнистой кислоты, соды и гидросиликатов натрия. Удельный расход СО₂ на отверждение составляет 0,5-1,5дм³/г жидкого стекла[3, с. 45]. Технология отверждения смесей продувкой углекислым газом нашла широкое применение для изготовления стержней при производстве отливок разных форм из чугунов и стали, массы которых могут достигать от нескольких килограммов до 20 и более тонн.

Второй этап проходил в промежутке 50-х – начало 60-х годов[1, с. 52]. Это время применения самотвердеющих смесей с использованием твердых порошкообразных отвердителей.

Открытие способа отверждения связан с одной историей, произошедшей на одном литейном заводе, она гласит, что на производство привезли водный раствор силикат натрия, во время приготовления формовочной смеси на бегунах, жидкое стекло из рыхлой и сыпучей массы превратилась в густую сметанообразную. Саму смесь забраковали, но не оставили без внимания. После расследования выяснилось, что виновником происшедшего была бочка из-под мыла, в котором и привезли жидкое стекло. Поверхностное натяжение раствора силикат натрия уменьшалось в десятки раз под воздействием ПАВ, смесь захватывала воздух, образовывала пузырьки между песчинками устраняя внутреннее трение. Когда пена разрушалась, смесь возвращала себе прежнее сыпучая состояние. Такая смесь была недостаточно прочная, тогда было принято решение ввести 1-2% материала, который содержит двухкальциевый силикат, в смесь, после этого прочность повышалась. Новые формовочные и стержневые смеси получили название «жидкие самотвердевающие» смеси (ЖСС).

Третий этап начался в середине 60-х годов был значим тем, что были разработаны жидкостекольные смеси с жидкими отвердителями, т.е. сложные эфиры[1, с. 53]. В качестве жидких отвердителей среди эфиров применяли глицерин, этиленгликоль, уксусную кислоту.

Эффективное применение жидкого стекла в литейном производстве достигается коллаборацией производства форм и стержней с искусственным отверждением жидкостекольных смесей газообразными, твердыми и жидкими отвердителями. В качестве газообразного отвердителя для жидкого стекла применяет углекислый газ. Состав смеси контролируется по СО₂ – процесс в массовых долях: огнеупорный наполнитель – 100, жидкое стекло – 6,5 – 9.

На ряду с другими формовочными смесями, такими как песчано-глинистые смеси, выделяются следующие преимущества: повышенная скорость отверждения, точность форм и стержней, повышенные прочностные свойства. И всё же жидкостекольным смесям присущ ряд недостатков: плохая выбиваемость стержней из отливки, повышенная хрупкость. Из-за химического сродства затвердевшие пленки жидкого стекла трудно отделяются от зерен кварцевого песка, что препятствует регенерации песка и повторному его использованию, тем самым повышая расходы кварцевого песка.

Для устранения недостатков жидкого стекла применяют модифицирование жидкого стекла. Т.е. введение добавок-модификаторов в момент приготовления жидкого стекла, обеспечивающие снижения внутренних напряжений после отверждения, повышения поверхностных свойств связующего, уменьшения остаточной прочности после его термообработки [2, с. 105]. Введение необходимых компонентов непосредственно в жидкое стекло, дает требуемый результат в виде высокопрочных легковыбиваемых формовочных и стержневых смесей.

Жидкостекольные стержневые смеси отличаются низкой стоимостью, доступностью и хорошими экологическими показателями. Возможность использования широкого диапазона конфигураций форм и размеров отливок из черных и цветных металлов в сочетании с высокой точностью форм и стержней. Однако нельзя игнорировать и недостатки, которыми они обладают. Учеными давно ведутся исследования с целью улучшить выбиваемость жидкостекольных смесей. Но однозначного варианта решения вопроса выбиваемости, без ухудшения экологичности пока нету. Поэтому исследования в данной области остаются перспективными и на сегодняшний день.

Список литературы

1. Кукуй Д.М. Теория и технология литейного производства. / Д .М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. Минск, 2000. с. 51-53.
2. Кукуй Д.М Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси / Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. Минск, 2005. с. 106-107.
3. Некрасов Г.Б. Основы технологии литейного производства. Ручное и машинное изготовление норм и стержней. / Г.Б. Некрасов, И.Б. Одарченко, Минск, 2015. с. 45.

Литейное производство характеризуется наличием токсичных воздушных масс, сточных вод и твердых отходов. Количество токсичных веществ в выбросах значительно увеличилось с введением технологических процессов получения форм и стержней на основе синтетических смол.

При изготовлении формовочных материалов используются как органические, так и неорганические компоненты. Органическими веществами в литейном производстве являются катализаторы, отвердители и смолы. Эти составляющие непосредственно воздействуют на организм человека и проникают в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые. Один и тот же вредный производственный фактор по природе своего действия может одновременно относиться к различным группам опасности [1].

Применение органических связующих при изготовлении стержней и форм приводит к значительному выделению токсичных газов в процессе сушки и особенно при заливке металла. В зависимости от класса связующего в атмосферу цеха могут выделяться такие вредные вещества как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т.д. (таблица 1).

Таблица 1 - Структура отходов на формовочных участках литейного производства

Технологические процессы литейного производства	Виды отходов	Компоненты
Подготовка и использование формовочных материалов и смесей	Пыль, отходящие газы	SiO ₂ , CaO, Al ₂ O ₃ , MgO, Na ₂ O, K ₂ O CO, CO ₂ , SO ₂ , SO ₃ , NH ₃ , NO, NO ₂ , цианиды, пары углеводородов, формальдегида, ацетона, метанола, бензола, фенолформальдегида, фенола, фурфуrolа, фуриловый спирт и др.
Регенерация формовочных и стержневых смесей	Пыль, отходы стержневых смесей	SiO ₂ , CaO, Al ₂ O ₃ , MgO, Na ₂ O, K ₂ O SiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O (смеси с остатками смол)
Финишные операции	Пыль, остатки формовочных смесей	SiO ₂ , CaO, Al ₂ O ₃ , MgO, Na ₂ O, K ₂ O

По классу опасности различают четыре группы веществ: чрезвычайно опасные вещества (I), высоко опасные вещества (II), умеренно опасные вещества (III), малоопасные вещества (IV). Токсикологическая характеристика выделяемых при заливке металла веществ представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Токсикологическая характеристика органических веществ

Вещество	Класс опасности	Действие	ПДК мг/м ³
Фурол	III	Вызывает паралич	10,0
Метанол	III	Раздражение кожи и слизистой	5,0
Формальдегид	II	Раздражение кожи и слизистой	0,5
Бензол	II	Поражение центральной нервной системы	5,0
Фенол	II	Общее токсическое действие	0,3
Бензопирен	I	Канцерогенное вещество	0,00015

Из таблицы 2 видно, что большинство веществ, используемых в технологии формовочных материалов, относятся к 1 и 2 классу опасности. Наиболее вредным канцерогенным веществом является бензопирен [2].

Снижение запыленности, газо- и парообразования до установленных санитарных норм осуществляется применением вентиляции, а также проведением комплекса профилактических мероприятий санитарно-технического характера. Одновременно с этими мероприятиями в местах пересыпки формовочных материалов устанавливаются специальные пылеотсасывающие установки и в кожухах укрытий встраивают пеногенераторы. Плоский пеногенератор создает поток пены объемом 3 кубических метра в минуту на всю ширину ленты транспортера, что позволяет равномерно укрыть пеной поверхность источника пылеобразования и, следовательно, снизить концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны.

Наиболее эффективной является всасывающая система пневмотранспорта с центробежным вентилятором в качестве побудителя тяги. Эта система исключает выделение пыли в воздушную среду цеха, так как ее трубопроводы находятся под разрежением. Другим преимуществом пневмотранспорта является возможность его использования в качестве местной вытяжной вентиляции, а также для сепарации и охлаждения материалов. В формовочных отделениях используют увлажненные смеси, что значительно снижает запыленность воздуха рабочих зон [2].

Существует несколько способов очистки отходящих газов, например, наиболее часто используемые: метод адсорбции, метод термической нейтрализации и биохимические методы.

Газы, выделяющиеся на стержневом участке, с повышенным содержанием органических веществ, надо собирать, подавать в специализированное оборудование и подвергать подходящей очистке, например, нейтрализацией химическим путем, сгоранием, биологической очисткой и т.д., если концентрация аминов в воздухе превосходит допустимую [3].

Экологическое сознание определяет выбор вариантов технологий, строительства предприятий и использования природных ресурсов, экологическую культуру граждан. Одна из основных задач современного образования - становление экологического способа мышления, формирование экологического сознания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кириллова, Ю. А.** Экологические аспекты совершенствования изготовления форм и стержней в технологии литейного производства / Ю. А. Кириллова, А. Г. Герасимова, Е. С. Мелтонян, В. А. Дряхлова, С. И. Грек // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section042.html>, свободный.

2. **Московкина, Р. И.** Экологические аспекты литейных технологий / Р. И. Московкина, Т. Д. Бережная // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>, свободный.

3. **Аистов, И.П.** Защита атмосферы от промышленных выбросов / И. П. Аистов. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. — 92 с.

Анализ влияния технологических параметров литья под давлением на вероятность образования пористости литых заготовок.

Студент гр. 10404115 Мартинкевич А.А.

Научный руководитель Кузьмич В.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ускорение выпуска изделий, необходимость снижения материальных, энергетических и трудовых затрат на их изготовление, повышение выхода годного и коэффициента использования металла, сокращение сроков технологической подготовки производства, является одной из наиболее актуальных задач современного литейного производства.

Совершенствование технологического процесса литья под давлением на основе определения оптимальных технологических параметров процесса, позволит существенно повысить экономическую эффективность способа для получения деталей массового и серийного производства из различных промышленных сплавов.

Наряду с известными достоинствами, процесса литья под давлением: высокая производительность и рентабельность процесса, сравнительно низкая себестоимость, минимальные припуски на механическую обработку, высокая весовая и размерная точность отливок, возможность повышения уровня механизации и автоматизации и т.д. Данному процессу присущи и специфические недостатки, газовая и усадочная пористость в заготовках, спай, которые в основном определяются спецификой процессов заполнения пресс-формы

В реальных процессах литья под давлением определить влияние отдельных факторов на процесс формирования отливок практически невозможно. Наличие многочисленных технологических параметров литья, связанных с гидродинамическими и тепловыми процессами, оказывающих влияние на получение качественных заготовок, существенно осложняет поиск оптимальных технологических решений.

Для получения плотных отливок в настоящее время используются: повышенное давление прессования на окончательной стадии движения прессового поршня – Acurad-process; регулирование скорости движения прессового поршня Parachot- process; вакуумирование полости пресс-формы; литье в среде кислорода. Это обеспечивает возможность термической обработки отливок, однако, и без того высокая себестоимость отливок резко возрастает.

Современное состояние процесса литья под давлением неразрывно связано с возможностью управления технологическим процессом, который включает в себя комплекс взаимосвязей между характеристиками сплава, технологическими параметрами процесса, размерами и конфигурацией отливки, литниковой системы и конструкцией пресс формы, на основе которых определяется эффективность работы машины литья под давлением. Выбор оптимальных технологических параметров литья для получения высококачественных заготовок необходимо определять на основе тщательного теоретического анализа гидродинамических и тепловых условий формирования отливки.

Наряду с использованием мер технологического порядка для снижения пористости в отливках разрабатываются и специальные мероприятия, например, применение вакуумирования полости формы. Использование вакуума позволило значительно улучшить качество отливок, брак по газовой пористости уменьшился с 35 % до 10 %. Вакуум позволил уменьшить содержание газов в отливках ~ в 2 раза.

За последние годы в теории и практике литья под давлением произошли существенные изменения, появились новые методы исследований, которые позволяют более глубоко изучать проблемы технологического процесса литья. Представляет интерес теоретическое исследование волнообразования в наполнительном стакане при ЛПД, с целью предотвращения образования газовых мешков.

Для каждой машины литья под давлением существуют технологические параметры, при которых не происходит отрыв волны от поршня. Непостоянство устойчивости потока,

динамика взаимодействия газо-жидкостного потока с газовой средой формы аналитическая оценка газового противодействия потоку при заполнении формы и совместный расчет вентиляционной и литниковой систем пресс-форм. Компьютерное моделирование заполнения формы, позволит прогнозировать места образования возможных дефектов, качественно решать задачи расположения компонентов литниковой и вентиляционной систем.

Технические аспекты повышения качества отливок получаемых литьем под давлением

Студенты гр.10404115 Кижаккин С.А., Рачков В.К.

Научный руководитель Матюшинец Т.В.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Принцип процесса литья под давлением основан на принудительном заполнении рабочей полости металлической пресс-формы расплавом и формировании отливки под действием давления пресс-поршня, перемещающегося в камере прессования, заполненной расплавом. В отличие от кокиля рабочие поверхности пресс-формы, контактирующие с отливкой, не имеют огнеупорного покрытия. Это приводит к необходимости кратковременного заполнения пресс-формы расплавом и действия на кристаллизующуюся отливку избыточного давления, в сотни раз превосходящего гравитационное.

Основные показатели качества отливки получаемой литьем под давлением – точность размеров, шероховатость поверхности, механические свойства, плотность и герметичность – определяются следующими особенностями ее формирования:

1. Кратковременность заполнения полости пресс-формы расплавом. Скорость поступления расплава в пресс-форму может колебаться от 0,3 до 140 м/с, продолжительность заполнения 0,02 – 0,3 с, а конечное давление на расплав может достигать 500 МПа.

2. Нулевая газонепроницаемость материала пресс-формы. Вентиляция рабочей полости происходит посредством специальных вентиляционных каналов.

3. Высокая интенсивность теплового взаимодействия между материалом отливки и пресс-формой, обусловленная ее высокими теплопроводностью и теплоемкостью, малым термическим сопротивлением слоя смазочного материала и продуктов его разложения, значительным давлением расплава и отливки на стенки пресс-формы, улучшающим контакт между ними.

4. Передача в момент окончания заполнения металлом пресс-формы давления, развиваемого пресс-поршнем в камере прессования, на расплав в полости формы. Это улучшает питание отливки, способствует уменьшению усадочной пористости, сжатию газоздушных включений.

5. Использование металлической пресс-формы с точными размерами и низкой шероховатостью рабочих поверхностей. Это способствует получению высокоточных отливок по массе, геометрии и размерам.

Важным этапом формирования свойств отливки получаемой литьем под давлением является выбор газового режима пресс-формы. Для получения качественной отливки необходимо, чтобы при заполнении расплавом пресс-формы воздух и газы от разложения смазочного материала удалялись из нее, так как, оставшись в отливке, они ухудшают ее свойства.

Суммарный объем $\sum V$ газов, который должен быть удален из полости пресс-формы, определяется объемом V_k газов, поступающих в нее из камеры прессования и каналов литниковой системы; объемом рабочей полости пресс-формы, равным объему V_0 отливки, и объемом V_r газообразных продуктов разложения смазочного материала пресс-формы:

$$\sum V = V_k + V_0 + V_r$$

Объем газов, поступающих из камеры прессования в рабочую полость пресс-формы, зависит от диаметра последней, дозы заливаемого в камеру расплава, конструкции машины и других факторов.

Объем газов и воздуха, попадающих из горизонтальной холодной камеры прессования в полость пресс-формы, зависит также от скорости перемещения прессующего поршня и закономерности ее изменения по отдельным фазам прессования. Так, при движении пресс-поршня с постоянной скоростью уровень расплава h может соответствовать положениям или

при скорости пресс-поршня соответственно меньше и больше скорости распространения волны на поверхности расплава.

В случае машин с вертикальной холодной или горячей камерой прессования величина V_k включает в себя лишь объем каналов литниковой системы. Объем V_r газов, выделяющихся при заполнении пресс-формы расплавом от разложения смазочного материала, определяют как зависимость площади F_m поверхности рабочей полости пресс-формы, толщины h_{cm} слоя смазочного материала на этой поверхности, газотворной способности Z смазочного материала и его плотности:

$$P_{cm}:V_r = k * F_m * h_{cm} * Z * P_{cm}$$

где k - коэффициент, учитывающий степень разложения смазочного материала до газообразного состояния за время заполнения пресс-формы ($k = 0$ - смазочный материал не подвергся разложению в пресс-форме; $k = 1$ - случай полного разложения смазочного материала на газообразные продукты).

Для уменьшения объема V_r газообразных продуктов разложения используют высокоэффективные смазочные материалы, обладающие высокой термостойкостью (значение k близко к нулю), низкой газотворной Z и высокой смазывающей способностью. За счет последнего показателя удается снизить расход материала, его толщину h_{cm} на рабочей поверхности, повысить качество отливок и уменьшить выбросы в окружающую среду.

Получение отливки с низкой пористостью только путем удаления газообразных продуктов из пресс-формы – задача весьма сложная. Поэтому на практике для уменьшения объема пор в отливках чаще прибегают к повышению давления прессования. Эта тенденция привела к созданию весьма мощных металлоемких и энергоемких машин. Такой путь достижения низкой пористости и высокой плотности отливок, тем не менее, не единственный.

Для уменьшения газовой и воздушной пористости в отливках кроме повышенных давлений прессования, создания рациональных конструкций литниковой и вентиляционной систем пресс-формы, выбора оптимальных режимов литья – скорости прессования, температуры расплава и пресс-формы, давления прессования – разработаны и используются в производственных условиях специальные способы литья под давлением, направленные на достижение тех же целей.

Методика выполнения проверочного расчёта вала редуктора в КОМПАС-График

Студенты гр. 10404116 Сороко Д.В., гр. 10404118 Дикун А.О.

Научный руководитель – Одиночко В.Ф.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Все проверочные расчёты вала могут быть выполнены с помощью библиотеки КОМПАС-Shaft 2D по его размерам средствами самой библиотеки. Для определения размеров и взаимного расположения деталей на валу нужно скопировать в буфер обмена изображение вала на компоновке редуктора вместе с установленными на нём подшипниками, создать новый документ КОМПАС-Фрагмент, вставить скопированное ранее в буфер обмена изображение вала в начало координат и сохранить документ. Затем следует проставить размеры на валу, например, так как на рисунке 1.

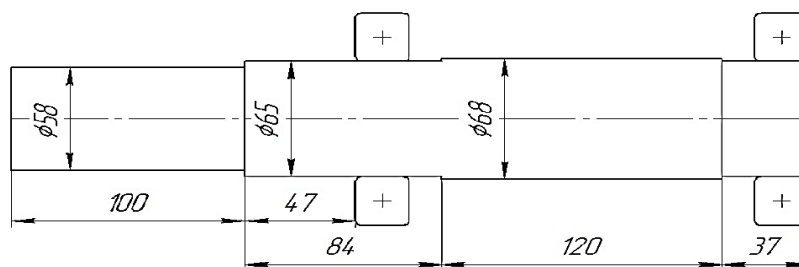


Рисунок 1 – Размеры и расположение подшипников на валу редуктора

Модель вала созданная с помощью библиотеки КОМПАС-Shaft 2D представлена на рисунке 2.

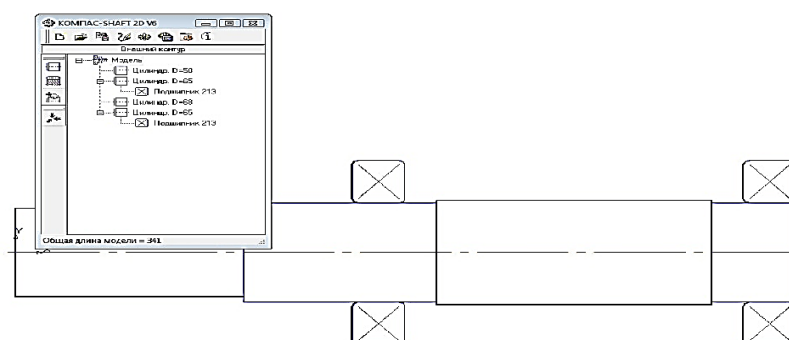


Рисунок 2 – Модель вала, выполненная с помощью библиотеки КОМПАС-Shaft 2D

Затем нагрузки полученные в результате проектного расчёта необходимо приложить к валу в середины посадочных частей. Например, при расчёте зубчатой передачи получены силы, действующие в передаче: окружная сила – $F_t=4960$ Н, радиальная – $F_r=1823,5$ Н, осевая – $F_a=259,8$ Н. Также известна сила F_m , действующей на вал со стороны муфты.

Окружная сила F_t направлена под углом 90° к межосевой линии в направлении вращения колеса, то есть в вертикальной плоскости вниз; радиальная сила F_r направлена по межосевой линии (по радиусу) от полюса зацепления к оси вала, то есть в горизонтальной плоскости в направлении, противоположном размещению шестерни; осевая сила F_a направ-

лена вдоль оси вала в горизонтальной плоскости справа налево при правом направлении линии зуба.

Далее необходимо рассчитать изгибающие и крутящий моменты от действия указанных сил по соответствующим формулам [1]. Полученные данные задаются в окнах «Прикладываемые силы», «Крутящий момент» и «Изгибающий момент» в библиотеке КОМПАС-Shaft 2D.

Для проверки прочности вала по совместному действию нормальных и касательных напряжений в библиотеке КОМПАС-Shaft 2D имеется возможность расчёта и построения эпюры эквивалентных нормальных напряжений.

Для этого необходимо выполнить команду **Расчёт модели и подшипников**. При этом загрузится **Модуль расчета валов и подшипников КОМПАС-ShaftCalc** (рисунок 3).

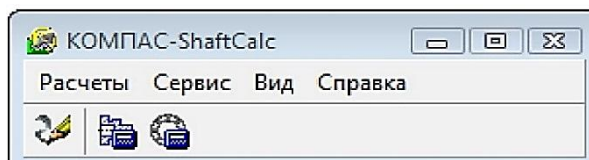


Рисунок 3 – Главное окно модуля КОМПАС-ShaftCalc

Для перехода к расчёту вала необходимо выполнить команду **Расчёты – Общий расчёт вала**. При этом появится окно расчёта вала (рисунок 3), где можно выбрать параметры формируемого отчёта по результатам расчёта, а также выбрать форму отчёта.

Для получения эпюры эквивалентных напряжений необходимо на вкладке **Графики и отчёты** окна **Расчёт вала** выбрать пункт **Эквивалентные напряжения (IV т. прочности)**, после чего нажать кнопку **сформировать отчёт** на панели инструментов. При этом система произведёт необходимые расчёты и выведет на экран эпюру распределения нормальных напряжений по длине вала (рисунок 4).

Полученную эпюру нужно подвергнуть анализу. Например, из эпюры следует, что максимальные эквивалентные напряжения меньше допускаемых. Следовательно, условие прочности выполняется. При этом может быть так, что действительные напряжения значительно меньше допускаемых, то есть вал недогружен. Но уменьшать размеры поперечных сечений не следует, так как они были выбраны из условия прочности при кручении, а также из конструктивных соображений. Кроме того, на некоторых участках будут выполнены шпоночные пазы, которые приведут к уменьшению момента сопротивления изгибу и полярного момента сопротивления кручению и, следовательно, к увеличению нормальных, касательных и эквивалентных напряжений. Поэтому следует оставить размеры ступеней ведомого вала, принятые при проектном расчёте.

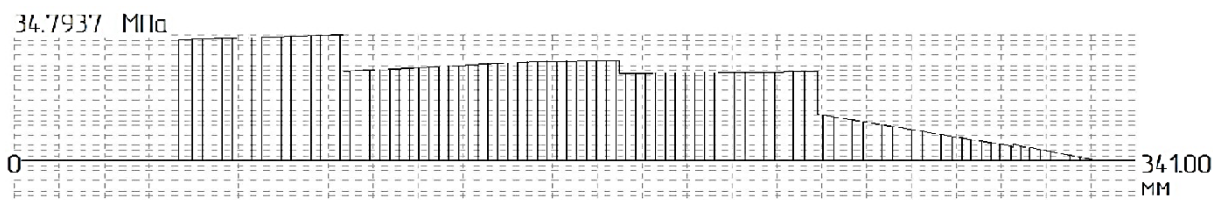


Рисунок 4 – Результат расчёта вала, выполненного средствами библиотеки КОМПАС-Shaft 2D

Список использованных источников

1. Забродин В.П. Расчёт и конструирование цилиндрического редуктора с применением КОМПАС-График: учебное пособие / В.П. Забродин, И.Г. Пономаренко. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – 190 с.

Некоторые особенности программы КОМПАС- 3D V17

Студентка гр. 10404116 Телешова Е.В.
 Научный руководитель – Одиночко В.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Программа КОМПАС- 3D V17 отличается от предыдущих версий КОМПАС-3D новым графическим ленточным интерфейсом (рисунок 1).

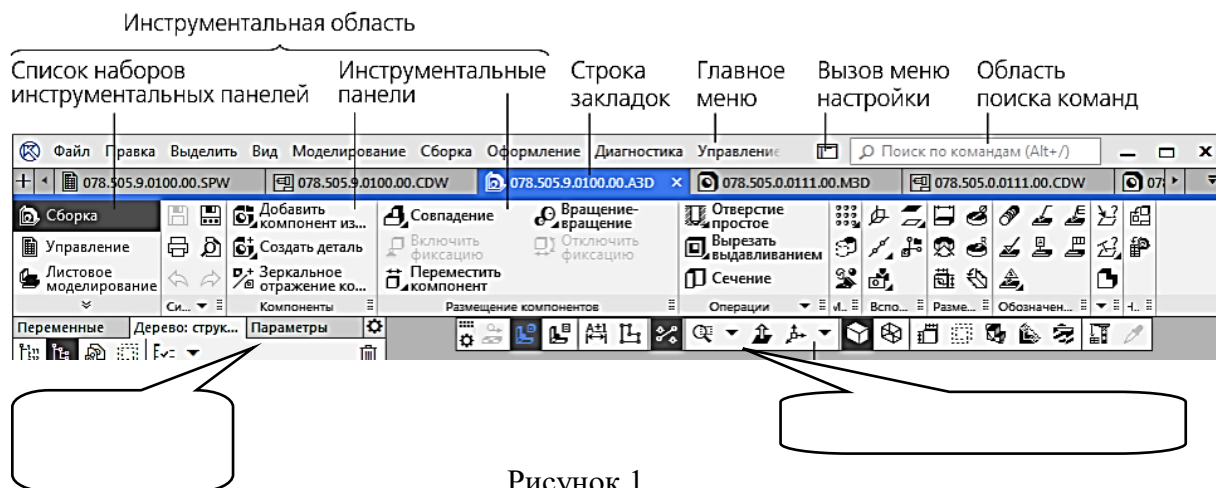


Рисунок 1

Описание элементов интерфейса КОМПАС-3D V17 представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание элементов интерфейса КОМПАС-3D V17

Название	Описание
Инструментальная область	Служит для выбора команд просмотра и печати создания и редактирования объектов документа. Включает список наборов инструментальных панелей и панели текущего набора
Строка закладок документов	Служит для переключения между открытыми документами. Контекстное меню закладки содержит команды управления документами и окнами. Двойной щелчок на свободном от закладок месте строки вызывает диалог создания документа.
Главное меню	Служит для вызова команд системы. Содержит названия разделов меню. Состав Главного меню зависит от типа текущего документа и режима работы системы.
Кнопка вызова меню настройки	Раскрывает меню для настройки следующих параметров: <ul style="list-style-type: none"> – Цвет подсветки — цвет, которым выделяются элементы интерфейса (кнопки, поля, списки и т.п.) при работе с ними; доступны бирюзовый, лиловый, зеленый и оранжевый цвета, – Тема — цветовая гамма окна КОМПАС-3D V17 в целом; доступны светлая и темная темы, – Значки — варианты изображения значков в Инструментальной области; доступны монохромное и цветное изображения. – Клавиатура — комбинации клавиш для вызова команд КОМПАС-3D V17.

Область поиска команд	Служит для поиска команд по названиям. При вводе текста в это поле ниже него отображается список найденных команд.
Область панелей управления	Содержит несколько объединенных друг с другом панелей управления, обычно Панель параметров и Дерево построения . Панели можно разделить и прикрепить к правой или левой границе Графической области .
Графическая область	Занимает большую часть окна КОМПАС-3D V17. Служит для отображения содержимого текущего документа и работы с ним — создания/редактирования объектов чертежа или модели, ввода/редактирования текста текстового документа или спецификации. Для индикации специфических режимов работы, например, режима разнесения сборки, режима предварительного просмотра перед печатью эскиза и других, в графической области отображаются значки режимов .
Панель быстрого доступа	Содержит команды выбора режима, управления изображением и другие. Состав панели зависит от контекста. Может располагаться сверху или внизу Графической области.

В КОМПАС-3D V17 инструментальные панели объединены в наборы. Каждый набор служит для выполнения определенной задачи и отображается в Инструментальной области. Для переключения между наборами служит список наборов, расположенный в левой части Инструментальной области. При необходимости любую панель набора можно вывести из Инструментальной области и прикрепить к границе окна или оставить плавающей. Появилась Панель быстрого доступа, содержащая команды выбора режима, управления изображением и другие. Команды со схожей функциональностью объединены в группы. Панель свойств и окно Свойства объединены в Панель параметров.

Кроме указанных особенностей есть ещё целый ряд функций направленных на повышение производительности труда пользователя.

Список использованных источников

1. КОМПАС-3D V17. Руководство пользователя. ООО «АСКОН-Системы проектирования». 2017. 2896 с.

Студент гр. 10404117 Перов Н.Н.

Научный руководитель: Гуминский Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Чёрная металлургия в основном базируется на производстве чугуна и стали. Тут я задался вопросом: «Можно ли из чугуна получить сталь? Если можно, то как?» Ведь если совсем просто подходить к вопросу, то основное различие между чугуном и сталью – это количество содержащегося в сплаве углерода (в стали до 2,14 %, а в чугуне от 2,14 до 2,67 %). Углерод же придаёт сплавам железа твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

Сравнивая химический состав чугуна и стали, можно увидеть, что чугун содержит больше примесей, главным образом углерода, кремния, марганца, серы и фосфора. Отсюда следует, что возможность получения стали из чугуна сводится к процессам понижения количества входящих в состав чугуна примесей.

Из чугуна сталь можно получить в тестообразном и жидком состоянии.

Существуют два способа передела чугуна в сталь в тестообразном состоянии: кричный и пудлинговый. Пудлинговый является наиболее старым и в настоящее время практически не применяется.

Сущность кричного способа переработки чугуна заключается в том, что чугун расплавляют и перемешивают в горне со шлаками, богатыми окислами железа; под действием кислорода шлаков и дутья углерод, кремний и марганец выгорают. Вследствие уменьшения примесей, температура плавления металлической массы повышается, и она густеет. Осевшую на поде горна металлическую массу выворачивают и подвергают вторичному плавлению. В результате на дне горна получается ком из спекшихся зерен железа, называемый крицей. Крицу извлекают из горна и проковывают для придания ей требуемой формы и отжата застрявшего в порах жидкого железистого шлака.

Пудлинговый способ передела чугуна в сталь является наиболее старым в сравнении с кричным. Сущность этого способа заключается в том, что чугун расплавляют в отражательных печах, подина которых изготовлена из шлаков, богатых окислами железа. В результате воздействия окислов железа и кислорода, содержащегося в печных газах, углерод и другие примеси выгорают из чугуна.

Пудлинговый процесс изобретен в конце 18 века и до второй половины 19 века был почти единственным способом переработки чугуна в заводском масштабе. В настоящее время пудлинговый способ вытеснен конвертерным и способом производства литой стали в пламенных регенераторных печах.

Увеличение потребности в металле и малая производительность пудлинговых печей заставляли искать способы ускорения процесса получения стали. В 1856 г. англичанин Бессемер запатентовал получение стали из чугуна посредством продувания воздуха через расплавленный чугун.

Сущность бессемеровского процесса заключается в том, что струя воздуха, которую продувают через расплавленный чугун, окисляет входящие в него примеси. Происходящие при бессемеровании чугуна окислительные реакции сопровождаются выделением столь значительного количества тепла, что чугун не только не охлаждается, но его температура поднимается выше температуры плавления стали, и последняя получается в жидком состоянии.

В 1878 г. англичанин Томас предложил для удаления фосфора делать в конвертере основную футеровку и вводить в конвертер перед заливкой чугуна известь. Измененный таким образом бессемеровский процесс получил распространение под именем томасовского.

Томасовским способом перерабатывают чугуны, получаемые из руд, богатых фосфором, например, керченских. Томасовские чугуны вследствие наличия в них значительного

количества фосфора отличаются жидкоплавкостью. Более низкая температура плавления томасовского чугуна по сравнению с бессемеровским позволяет начинать его продувку при более низкой температуре.

С расширением области применения стали начали накапливаться запасы стального лома, и все настойчивее становился вопрос о способе его переплавки. Конвертеры для этой цели неприменимы вследствие того, что они приспособлены для переработки лишь жидкого чугуна, а пудлинговые печи оказывались непригодными вследствие слишком низкой рабочей температуры. Задача была разрешена в 1865 г. французами Пьером и Эмилем Мартен, которые воспользовались для этой цели регенераторной печью Сименса, применяемой в стекловом производстве.

Сущность мартеновского процесса состоит в переработке чугуна и металлического лома на паду отражательной печи. В мартеновском процессе в отличие от конвертерного недостаточно тепла химических реакций и физического тепла шихтовых материалов. Для плавления твердых шихтовых материалов, для покрытия значительных тепловых потерь и нагрева стали до необходимых температур в печь подводится дополнительное тепло, получаемое путем сжигания в рабочем пространстве топлива в струе воздуха, нагретого до высоких температур.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод о том, что в основном сталь получают из чугуна. Существует различные способы, которыми люди пользовались в разные времена и все они основаны на понижении процентного содержания углерода в чугуне. В настоящее время в мировом производстве около 40 % стали выплавляют кислородно-конверторным способом и около 40 % мартеновским способом; при этом за последнее время доля кислородно-конверторной стали непрерывно возрастает, а доля мартеновской стали сокращается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марков А.П.** Информационная трансформация свойств поверхностной неоднородности в литье и металлургии / А.П. Марков, С.С. Сергеев, И.М. Строчкин, А.Г. Старово-йтов, Е.М. Патук // Литье и металлургия. – 2009. – №4 (53). – С. 79 - 87.
2. **Титов Н.Д.** Технологий литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов // Машиностроение. – 1974. – С. 151 – 160.
3. **Могилёв В.К.** Справочник литейщика / В.К. Могилёв, О.И. Лев // Машиностроение. – 1988. – С. 103-130.

Теплообменный процесс плавки металла с применением биологически активного флюса

студентка гр. 57-16 БТ Ф.Н.Тураходжаева,
 Научный руководитель д.т.н., профессор Н.Д.Тураходжаев
 Узбекско-Японский молодёжный центр инноваций,
 Ташкентский государственный технический университет
 г. Ташкент

Теплообменный процесс является одним из сложных явлений, в котором должны быть учтены максимально возможные варианты значений. Для упрощения этой задачи используется математическая модель процесса. На основе результатов проведённых экспериментальных исследований нагрева, оплавления и перегрева сплавов была разработана математическая модель теплообмена в плавильных агрегатах. При разработке математической модели учитывалось, что процесс плавления и перегрева металла в печи является квазистационарным, то есть в установившемся режиме: расход металла равен приходу, уровень расплава в ванне печи постоянен. Это позволило использовать при построении модели метод теплового баланса [1].

Тепловая схема печи включает в себя нагрев и оплавление твёрдой шихты, перегрев расплава и теплообмен между металлом и конструкцией печи. Отличительной особенностью данной печи является наличие контакта нагретой твёрдой шихты с жидкой ванной. При высокой теплопроводности расплава, которая характерна для цветных сплавов, температура расплава в ванне печи будет близка к температуре плавления сплава.

Так как металл нагревается от T'_ω до T_m в печи, а в ванне присутствует как твёрдая, так и жидкая фазы можно принять:

$$T_M'' \approx T_{пл}$$

Во всех печах, имеются металлические составляющие с высокоразвитой поверхностью подвергаемых тепловой обработке, участием в теплообмене всех видов теплопередачи, высокой интенсивностью теплообмена в противотоке, играет главенствующую роль в том многообразии сложных процессов, которые описываются теорией плавки.

Высокий коэффициент полезного действия печи может быть обеспечен при соблюдении эффективности теплообмена. Этой проблеме посвящены многие исследовательские работы, как в странах СНГ, так и в других странах мира. Однако учесть все параметры теплообменного процесса практически невозможно, хотя теоретически используя коэффициенты соответствия, вводятся в математические модели процесса максимально возможные параметры. Одним из таких параметров является флюс, применяемый в качестве защитного слоя между атмосферой печи и жидкой ванной. В зависимости от состава и толщины флюса, теплообменный процесс между жидким металлом будет проходить в определённом диапазоне. В свою очередь, флюсы с меньшей теплопроводностью, будут способствовать теплообменному процессу между жидкой и твёрдой фазами металла [2].

Параметры теплообменного процесса описываются формулой:

$$\alpha_v = A_F \frac{\omega_0 T^{0.5}}{d^{1.3}} M',$$

Однако, с учетом внешнего и внутреннего теплового сопротивления металла теплообменный процесс в ванне будет иметь вид:

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{R^2}{9\lambda}$$

В свою очередь, если не учитывать внутреннее сопротивление куска объёмный коэффициент теплопередачи равен:

$$\alpha_v = A_F \frac{\omega_0^{0,9} T^{0,3}}{d^{0,75}} M'.$$

С учетом защитного слоя флюса коэффициент M' , зависящий от разности слоя, оказывает большое влияние на объёмный коэффициент теплопередачи α_v [3].

Так как коэффициент A_F , учитывающий характеристики материала (шероховатость, степень черноты поверхности, теплопроводность), имеет большое влияние на объёмный коэффициент теплопередачи, а загружаемая металлическая шихта входит в жидкий расплав с частицами флюса, то его необходимо учитывать как граничный слой между твёрдой и жидкой фазами шихты.

Из условия полного расплавления твёрдой шихты в ванне, по закону Фурье кинетика этапов нагрева, расплавления и перегрева шихты описывается уравнениями с соответствующими граничными условиями:

$$\frac{\partial T_i'}{d\tau} = \frac{a_i}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^2 \frac{\partial T_i'}{\partial x} \right)$$

$$i = 1, 0 \leq x \leq l; i = 2, l \leq x \leq x$$

$$T_1'(\tau, l) = T_2'(\tau, l); \lambda_1' \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, l) = \lambda_2' \frac{\partial T_2'}{\partial x}(\tau, l); \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, 0) = 0;$$

В этих общепринятых формулах индексы: $i=1$ относится к твёрдой шихте; $i=2$ относится к корке металла, а $i=3$ относится к жидкому металлу, то для более точного расчёта теплообменного процесса индекс $i=2$ должен относиться к корке металла и оболочкой флюса. Однако, как было изложено выше, теплофизические свойства флюса зависят от его химического состава и время его воздействия на теплообменный процесс будет дифференциальным. Для снижения воздействия флюса на общий процесс плавки, в состав флюса вводятся биоактивные элементы с высокими жаропрочными свойствами [3]. Таким образом, системы уравнений, описывающие процесс расплавления шихты в различные этапы будут решаться численными методами. В данном случае основной является интегральная характеристика процесса, то есть время расплавления шихты. Поэтому для решения применяется интегральный метод:

$$T(x, \tau) = T_u + \frac{T_n - T_u}{R} \left(1 - \frac{R}{x} \right) R,$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Д.Тураходжаев, Т.Х.Турсунов, Л.Э.Якубов, Х.З.Абдурахманов Ш.Н.Тураходжаева, Ш.А.Ташбулатов, А.Мукимов Определение режимов плавки алюминиевых сплавов с применением защитного флюса. // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 174–179.
2. Karimov K.A., Akhmedov A.H., Umurzakov A.K., Abduvaliev U.A., Turakhodjaev N.D. Development and analytical realization of the mathematical model of controlled motion of a positioning mechanism // European Applied Sciences. Europäische Fachhochschule info@ortpublishing.de. Germany, #4, 2015. - 63-66 s.
3. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58.

Автоматизация технической подготовки литейного производства на примере воронежских предприятий

Студент гр. БЛП – 41 Дюльгер А.Г.

Научный руководитель Печенкина Л.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»
Россия, г. Воронеж

В современных условиях жесткой конкуренции и быстро меняющегося мира изделия должны выпускаться: как можно дешевле; как можно быстрее; с использованием как можно меньших ресурсов. Значительная доля материальных и трудовых ресурсов, затрачиваемых на выпуск изделий, приходится на технологическую подготовку производства. Автоматизация технологической подготовки производства позволяет радикально сократить эти затраты за счет: организации групповой работы участников технологической подготовки производства; повторного использования результатов ранее выполненных разработок; организации и использования корпоративной базы технологических знаний; автоматической разработки техпроцессов; автоматического материального и трудового нормирования; автоматического формирования технологической документации; эффективного управления версиями и изменениями в техпроцессах [1].

Автоматизация технической подготовки производства произошла благодаря развитию компьютерной техники, информационных технологий и разработки программного обеспечения (САПР различных предметных областей, АСУ, АСТПП.), которые позволили компьютеризировать практически любой вид деятельности человека, связанный с обработкой информации. В качестве примера можно рассмотреть воронежский завод АО «Турбонасос», который достойно заявил о себе как о разработчике и производителе высокотехнологической продукции для ракетно – космической отрасли и военно – морского флота, а также для химического и металлургического комплексов. В целях автоматизации технической подготовки производства рассматриваемый завод использует современные САД – системы, такие как, SolidWorks и LVMFlow. SolidWorks – один из самых популярных инструментов для инженерного проектирования и 3D моделирования. По сути, это полноценный набор для конструирования изделий в цифровом виде, который содержит в себе множество дополнительных инструментов, позволяющих производить над моделью виртуальные технические испытания. К тому же SolidWorks является отличным средством автоматизации технического производства позволяющим, сократить сроки решения задач технологической подготовки, повысить качество выпускаемой продукции, а также повысить эффективность производственного процесса.

Наличие такой совершенной программы позволяет предприятию конкурировать со многими российскими и зарубежными заводами, работающими в той же области. Вследствие того что АО «Турбонасос» работает в области металлургического комплекса, то для проведения анализа литейной технологии и ее корректировки так же необходима современная САД – система. Этой системой является уникальная российская программа LVMFlow. LVMFlow – компьютерное моделирование литейной технологии, позволяющее проследить процесс заполнения формы металлом, произвести расчет температурных полей, изучить каналы охлаждения, проследить в каких областях произойдет возникновение тех или иных дефектов и многое другое. Данная программа может быть использована для моделирования различных способов литья, что является ее большим плюсом. Таким образом, использование заводом программы LVMFlow позволило автоматизировать процессы технологической подготовки производства, сократить время разработки технологии производства.

В целях практического ознакомления и изучения систем автоматического проектирования в воронежском государственном техническом университете студентами-литейщиками используется такие CAD – системы как SolidWorks и Компас. В соответствии с учебным планом предоставляется возможность самостоятельно построить 3D модель отливки и произвести анализ предварительно разработанной литейной технологии в программе LVMFlow. На рисунке 1 представлен пример моделирования алюминиевой отливки «Плита» в указанной программе. Для выявления мест, подверженных дефектам усадочной природы, в модуле «Полная задача» выполнено моделирование отливки – с учетом заполнения формы расплавом. Заливка производилась при 710 °С в песчаную форму. Масса отливки 8 кг, с литниковой системой 10,7 кг. Компьютерный расчет показал наличие усадочных раковин (рис. 1). Дальнейший анализ проводился в направлении увеличения размеров прибыли, их количества, варьировалась температура заливки.

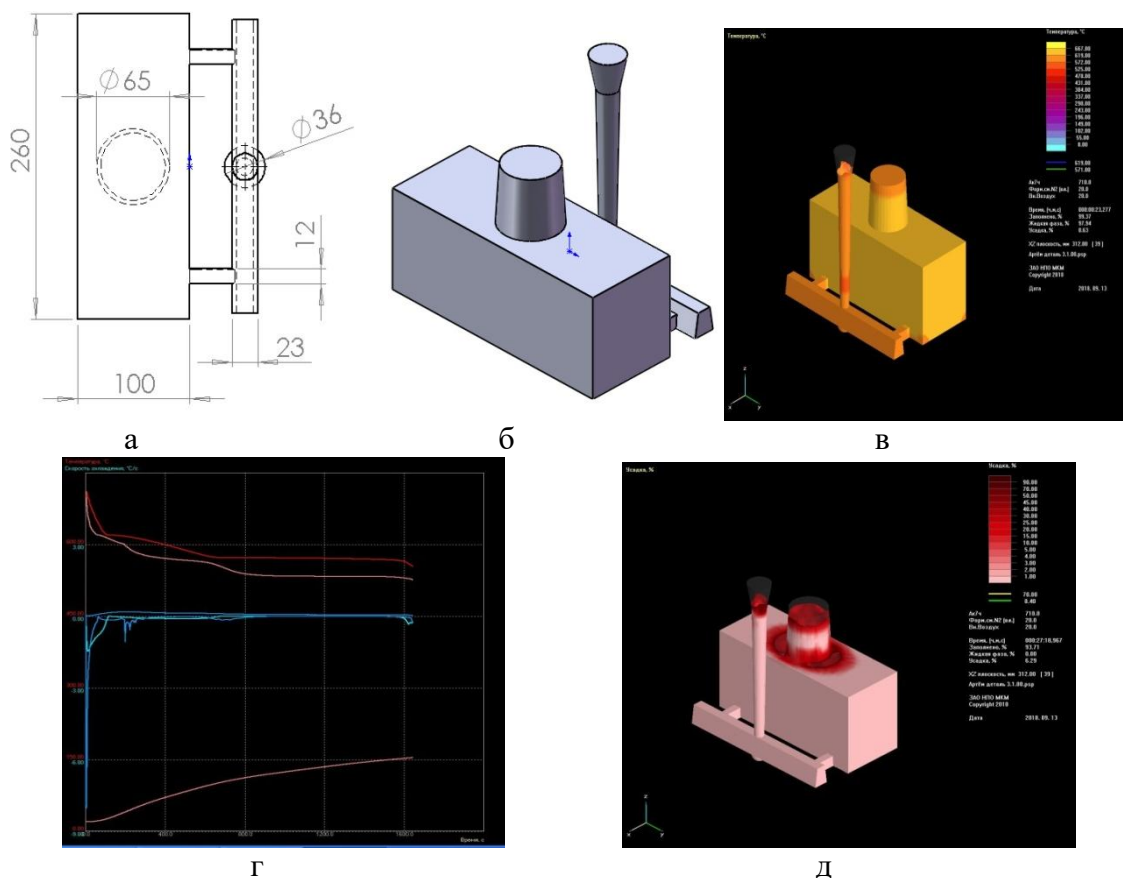


Рисунок 1- Моделирование отливки: а - технологический чертеж, б - 3D модель отливки с прибылью, в – температурные поля отливки, г- скорость охлаждения отливки, д - усадка отливки.

Разработан вариант бездефектной конструкции, который может быть внедрен в действующее производство предприятий, которые выпускают данную номенклатуру отливок.

Литература

1. Веретенник А.А. Анализ условий получения отливки «Подкладка с упором» в разовые песчаные формы с помощью компьютерного моделирования / А.А. Веретенник, Л.С. Печенкина // Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий «[Научная опора воронежской области](#)». 2017. С. 14-16.

**Машины и
технология
обработки металлов
давлением**

Теоретические предпосылки создания математических моделей для определения усилия прокатки

Студенты гр. 100М-17 Ташматов Р.К., Саиткулов Д.Р.
Научный руководитель Бердиев Д.М.
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Моделями процесса прокатки обычно считают математические выражения, которые теоретически связывают между собой различные параметры прокатки. Они служат проектировщикам прокатных станков при создании новых агрегатов и операторам для оптимального и многоцелевого использования существующих прокатных станков. Кроме того, они являются основой оптимального управления процессами холодной прокатки с помощью компьютерных технологий.

Обычно модель прокатки дает связь между усилием прокатки (или вращающим моментом) и такими факторами, как предел текучести и напряжения от натяжения в прокатываемой полосе. Однако нет необходимости ограничивать модели процесса такими кинетическими понятиями. В модель могут быть введены такие параметры, как распределение температуры в валках и прокатываемом материале (термические модели) или стоимость и рентабельность операции прокатки (экономические модели).

Чтобы модель была достоверной, она должна быть способной объяснить различные наблюдения, которые были сделаны в процессе холодного деформирования. Например, она должна объяснить в количественном выражении не только наиболее очевидные взаимосвязи между параметрами, такие как увеличения усилия прокатки при увеличении обжатия, но и более сложные моменты процесса, такие как падение усилия прокатки при увеличении растягивающих напряжений от натяжения в полосе и изменения усилия прокатки при увеличении скорости прокатки.

Процесс прокатки включает взаимодействие трех компонентов, а именно рабочих валков, смазочных веществ и прокатываемых изделий.

Влияние каждого из них является слишком сложным, чтобы можно было все это заключить в какую-то не было разумную модель, поэтому приходится делать упрощающие предположения в отношении каждого из этих компонентов.

Упругая деформация рабочих валков, нужно использовать для вычисления действительного диаметра упруго деформированного валка известное выражение Хичкока [1].

В течение последнего времени для определения усилия прокатки был разработан ряд моделей, причем их применимость непосредственно связано с применяемыми допущениями. Одна из наиболее известных моделей была разработана Карманом, который выразил распределение давлений по дуге захвата между поверхностями валка и полосы в виде дифференциального уравнения [2].

Тогда же были сделаны попытки решить это уравнение с использованием различных допущений [3].

Другие, включая Орована и Джотнера, Экелунда разработали сложные модели, намереваясь получить глубоко обоснованные математические выражения [4].

Так как подобные модели оказались неудобными для практического использования из-за своей математической сложности, были сделаны попытки разработать упрощенные модели [5], пригодные для инженерных расчетов с помощью компьютерных технологий.

И хотя полученные результаты этих моделей нельзя назвать наиболее точными с теоретической точки зрения, их удобства в значительной мере содействовало исследованиям в области прокатки и проектированию прокатных станков.

Так, являясь в основном алгебраическими выражениями, они могут использоваться для вычисления любого неизвестного параметра прокатки, такого как действительный коэффициент трения в очаге деформации [6].

В тоже время при использовании более сложных моделей обычно бывает проще, задаваясь условиями различных параметров, строить теоретические кривые и затем сравнивать их с реальными данными прокатного стана.

Упомянутые выше модели соответствуют довольно большим значениям обжатия (обычно 20-50 %).

Силовые условия зависят от марки прокатываемой стали, а также способа прокатки в данной клети. Установление взаимосвязей всех факторов влияющих на усилие прокатки, не всегда просто.

На практике такие взаимосвязи и надежное их определение часто отсутствуют, а усилие прокатки определяют из эмпирических зависимостей, которые пригодны для определения видов прокатки с использованием соответствующего прокатного оборудования.

В связи с этим основной целью является рассмотрение и рекомендация методов определения силовых условий прокатки с учетом напряженного и деформированного состояний заготовок в скоростных условиях процесса.

В соответствии с современным уровнем автоматизации технологического процесса прокатки необходимо, чтобы силовые условия определялись с использованием простых функциональных зависимостей, которые позволяли бы легко и быстро производить расчеты при управлении производственными процессами с применением управляющих компьютерных программ.

Таким образом, проанализированы теоретические предпосылки создания математических моделей для определения усилий прокатки, которые являются основой оптимального управления ТП прокатки. Также, приведен обзор существующих моделей, включая модели Кармана, Хичкока, Орована, Джотнера и др.

Выявлено, что на данный момент времени усилие прокатки определяют из эмпирических зависимостей, которые пригодны для соответствующего прокатного оборудования.

Установлено, что силовые условия определялись с использованием простых функциональных зависимостей, которые позволяли бы легко и быстро производить расчеты при управлении производственными процессами применением управляющих компьютерных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко В. М., Онищенко А. М. Кинематика и динамика процессов прокатки. М.: Металлургия, 2004. 232 с.
2. Поляков М. Г., Никифоров Б. А., Гун Г. С. Деформация металла в многовалковых калибрах; М.: Металлургия; 1979. 240 с.
3. Смирнов В. С., Григорьев А. К. Применение ЭЦВМ для расчета параметров прокатки. М.: Металлургия, 1970. 230 с.
4. Теория прокатки. Справочник/Целиков А. И., Томленое А. Д., Зюзин В. И. и др. Под ред. В. И. Зюзина и А. В. Третьякова. М.: Металлургия, 1982. 335 с.
5. Целиков А. И., Никитин Г. С., Рокотян С. Е. Теория продольной прокатки. М.: Металлургия, 1980. 320 с.
6. «Rolling Mill Rolls», Parts I, II and III, Based on the work of Jachem C. Thierne, Baltsthal, Switzerland, and Sepp Ammereller, Bochum, BRiD, and used by permission of Climax Molybdenum Company, «33»/The Magazine of Metals producing, Jan., Febr., Apr., 1999.

В настоящее время в Узбекистане уделяется повышенное внимание использованию продуктов программного обеспечения в различных видах производства. Большой популярностью получило компьютерное моделирование в области обработки металлов давлением. Современное программное обеспечение среди прочего позволяет учитывать:

1. Реальную кинематику оборудования любой сложности и типа;
2. Различные модели материала - упругие, пластичные, с учетом упрочнения; свойства материала могут зависеть от температуры и от скорости процесса;
3. Трение и контакт между инструментами и деталями;
4. Самоконтакт в формирующейся детали для прогнозирования образования складок;
5. Термодинамику процесса: начальные условия нагрева, теплопередачу между заготовкой инструментом и окружающей средой, выделение тепла за счёт пластических деформаций и трения и др.

Deform 3D - это специализированный программный комплекс, предназначенный для моделирования технологических процессов обработки металлов давлением и термообработки. Комплекс, состоящий из виртуального штампа, прессы, молота, прокатного стана, печи, позволяет проверить разработанный технологический процесс не экспериментально, на реальном производстве, а виртуально — сидя за компьютером.

QForm - – современный программный комплекс для моделирования процессов обработки металлов давлением. Позволяет быстро и точно моделировать все виды процессов формоизменения материала. Программа включает в себя совместную механическую и температурную задачу, адаптивную автоматизированную систему генерации сетки конечных элементов, вязко-пластическую и упруго-вязко-пластическую модель, упруго-пластический расчет, анализ остаточных напряжений в температурных задачах, пользовательские функции, а также множество других опций.

Simufact.forming - является полнофункциональным комплексным решением для моделирования широкого спектра технологий обработки металлов давлением. Позволяет получить реалистичное представление технологических процессов с полноценной 3D визуализацией всех инструментов и деталей.

MSC.SuperForge - современная трехмерная компьютерная система моделирования объемной формовки при штамповке и ковке.

MSC.SuperForge эффективно используется для оценки влияния параметров инструмента и режимов формовки на уровень пластических деформаций материала, окончательно полученную форму и свойства изготавливаемой детали, участки образования облоя и т.д.

Опыт использования программы MSC.SuperForge на предприятиях Японии, США и Европы подтверждает ее высокую эффективность.

Список литературы

1. Панин С.Ю. Автоматизированное проектирование в системе трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V10: учебное пособие / С.Ю. Панин, К.В. Мартынов.- СПб.: ПИМаш, 2009.- 68 с.
2. Сторожев Н.В. Технологический справочник по ковке и объемной штамповке / Н.В. Сторожев.- М.: ГНТИ, 1959.-966 с.

Защитная обмазка поверхности заготовок и слитков

Студент гр.82-18 Даминава Г.Д.

Научный руководитель Махмудова Н.А.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
(Узбекистан г.Ташкент)

При нагреве в методических печах слитков и заготовок стали Р9, Р18, Р18М, Р9М, ЭИ 437, Х12Ф1 и др. в результате диффундирования печных газов происходит интенсивное обезуглероживание их поверхности и сильное окалинообразование.

В процессе изыскания методов предохранения поверхности металла от агрессивного воздействия печной атмосферы по предложению рационализаторов была применена защитная обмазка, образующая на поверхности заготовок или слитков сплошную корку.

Способ приготовления: отвешивается жидкое стекло и алюминиевая пудра в указанном выше стекло и алюминиевая пудра в указанном выше процентом соотношении. Жидкое стекло наливается в ведро примерно на 1/3, в него добавляется алюминиевая пудра и все тщательно перемешивается. Затем доливается остаток отвешенной порции жидкого стекла и вновь перемешивается. Потом отвешивается требуемое количество магнезитового порошка.

Жидкая масса наносится тонким слоем (до 1мм) на поверхность заготовок или слитков с помощью квача или малярной кисти.

Нанесенный свежий слой равномерно посыпается магнезитовым порошком.

Рецептура защитной обмазки.

Жидкое стекло.....	77%
Алюминиевый порошок (пудра).....	1%
Магнезитовый порошок (фракции 0,5 мм)	22%

Обмазанные заготовки (или слитки) выдерживаются на воздухе 10-15мин, после чего загружаются в нагревательные печи.

Установлено, что при 700-800⁰ защитная обмазка превращается в тягучую массу. По мере продвижения металла по поду методической нагревательной печи обмазка вместе с окалиной образует плотную корку, предохраняющую металл от диффундирования в его поверхностный слой печных газов.

При нанесении слоя защитной обмазки толще 1мм на обмазанной поверхности при температуре 600-700⁰ образуются пузыри, а с дальнейшим повышением температуры защитная корка разрыхляется и отслаивается.

Толщина слоя окалины, сбиваемой под молотами, при ковке необмазанных заготовок была в пределах 3-4 мм. На заготовках с защитной обмазкой толщина окалины не превышает 1,5мм.

В микрошлифах быстрорежущих стали Р18М, нагреваемых с защитной обмазкой, обезуглероженного слоя обнаружено не было. В микрошлифах, отобранных от заготовок этой же стали, нагревавшихся без защитной обмазки, глубина обезуглероженного слоя достигает 0,4-1,5 мм.

При применении обмазки на заготовках стали ЭИ437 глубина обезуглероженного слоя находится в пределах , допускаемых ГОСТом.

Хорошие результаты показала защитная обмазка и при предохранении от обезуглероживания других высоколегированных сталей как при проведении исследований, так и в производственной практике.

Расход защитной обмазки.

а) На 1т заготовок со стороны квадрата 80мм:

Жидкое стекло 9 кг

Алюминиевого порошка 70 г

Магнезитового порошка 3 кг

б) На 1 т слитков:

Жидкого стекла 2,5 кг
Алюминиевого порошка 30 г.
Магнетитового порошка 700 г.

Литература.

1. Абдуллаев Ф.С. Теория обработки металлов давлением. 2001 г.
2. Гулидов И.Н. Оборудование прокатных цехов (эксплуатация, надежность): Учеб. Пособие. – М.: Интермент Инжиниринг, 2004. -320 с.
3. Абдуллаев Ф.С., Махкамов Қ. Металларга босим билан ишлов бериш назарияси асослари. Ўқув қўлланма. – Тошкент: ТДТУ 2000. -400с.
4. Загидуллин Р.Р. Прокат ишлаб чиқариш. Ўқув қўлланма. – Тошкент: ТошДТУ, 2013. -172 б.

Особенности прокатки листового металла симметричной и асимметричной прокаткой

Магистрант гр. 125-М18 Акрамова Э.К.
Научный руководитель Сайдахмедов Р.Х.
Научный консультант Бахадиров К.Г.
Ташкентский государственный технический
университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент

В промышленности большая часть металлов обрабатывается разными видами прокатки. При прокатке листового металла основными задачами являются уменьшение толщины листового металла до нужного размера, улучшение механических и других свойств.

Во многих крупных отраслях промышленности таких, как авиастроение, автомобилестроение и строительство детали из алюминия широко применяются из-за отличительных свойств алюминия, таких как сравнительно низкая удельная масса и высокая коррозионная стойкость. Высокая себестоимость и ограниченные характеристики формообразования при обработке давлением считаются основными недостатками листового алюминия, которые ограничивают более широкое применение его в разных отраслях промышленности.

Характеристики формообразования листового алюминия в основном зависят от изменения механической упрочнения при пластической деформации и коэффициента анизотропии, т.е. соотношения уменьшения ширины и толщины при испытании на растяжение, которое зависит от кристаллографической текстуры материала. Большие значения коэффициента анизотропии означают, что при пластической деформации большая формообразуемость с малым изменением толщины исходного материала.

Асимметричная прокатка является новым методом и характеризуется геометрической асимметрией, связанной с разностью диаметров между двумя деформирующими валками и кинетической асимметрией, связанной с различием в линейной скорости валков, способных вводить интенсивные сдвиговые пластические деформации, при которой по толщине полосы образуется текстура сдвиговой деформации.

До настоящего времени металлургический эффект асимметричной прокатки материалов не получил широкого применения. Это объясняется тем, что до сих пор этот метод не использовался главным образом для производства новых специальных материалов, таких как плакированные материалы и композиты. Для производства материалов с ультрамелкими зёрнами данный метод является более эффективным. Развитие технологии асимметричной прокатки обусловлена необходимостью адаптации существующих технологий для производства материалов с улучшенными свойствами, что расширит ассортимент продукции модифицированных технологических методов и улучшение точности прокатки. В асимметричной технологии прокатки усилия значительно снижается по сравнению с обычными прокатки. Снижение усилия прокатки имеет большое преимущество, что создает очень большие деформации, которые способствует получению ультрамелких зёрен структуры, модификации текстуры и производству высокопрочных материалов **Ошибка! Источник ссылки не найден.** Последствий этого компонента сдвига является увеличение площади поверхности деформированных зёрен с более высокими значениями, чем это возможно при деформации простого сжатия. В случае деформации аустенита это приводит к образованию более мелких центров кристаллизации для перекристаллизации или фазового превращения. Конечным результатом является более мелкие зёрна феррита в сравнении со случаем обычной горячей прокатки **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Основная цель этой работы заключается в изучение влияния холодной асимметричной прокатки на механические свойства листового технического чистого алюминия, в частности на коэффициент анизотропии и прочность материала.

Была исследована асимметричная прокатка технического алюминия. Были изучены три разных вида прокатки. Традиционная (симметричная) прокатка (CR), и асимметричная продолжительная прокатка (ASRC) и асимметричная реверсивная прокатка (ASRR). Влияние кристаллографической ориентации зерен и дислокационной структуры, которая образуется в процессе пластической деформации, на механические характеристики материала проанализированы с помощью испытаний на разрыв, рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии. Вязкопластическая самосогласованная (VPSC) модель использовалась для определения влияния кристаллографической текстуры на кривые растяжения (кривая напряжение деформация), полученные при испытаниях на разрыв прокатанных образцов до и после термической обработки.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. С увеличением редукиции общей толщины, увеличивается предел прочности на разрыв (σ_{max}), а однородная деформация (ϵ_u) наоборот уменьшается. После 6 проходов (62% редукиции) однородная пластическая деформация составляла меньше чем на 2%. Исследование различных значений (28%, 48% и 62%) редукиции показали, что асимметрично прокатанные образцы имеют большие значения предела прочности σ_{max} чем образцы прокатанные традиционным способом.

2. Анализ текстуры показал, что образцы, прокатанные асимметрично имеют кристаллы с ориентацией близкой к идеальным компонентам сдвига в текстуре. Однако, интенсивности этих компонентов были сравнительно низкие для образцов в обеих ASRC и ASRR случаях.

3. Материал в результате термической обработки (нагрев 280°C в 1 час) не претерпевал рекристаллизации и кристаллографические текстуры, полученные разными видами прокатки, были сохранены. После такой термической обработки микроструктура характеризовалась образованием субзерен с размером 1-2 мкм.

4. После термической обработки, асимметрично прокатанные образцы показали увеличение коэффициента нормальной анизотропии по сравнению с образцами прокатанными традиционным способом и исходным материалом. На образцах ASRC наблюдалось уменьшение коэффициента планарной анизотропии. Эти результаты показывают, что асимметричная прокатка может быть использована для улучшения характеристик формообразования технически чистых алюминиевых листов.

5. Выбранные условия прокатки и термической обработки позволили получить микроструктур с измельченными зернами, что сильно отличается от образцов, деформированных традиционной симметричной прокаткой.

Литература

1. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. «Металлургия», Москва, 1985
2. Гордеев Е. «Реверсивный стан. Инженерная методика расчета усилия и момента прокатки». www.metallopraktik.ru.

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

Технологии водородной обработки в литье и металлургии

Студент гр. 104031-16

Назаров Д.А.

Научный руководитель

к.т.н. Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет

г.Минск

В настоящее время водородное материаловедение включает в себя две обширные области: водородную деградацию материалов, и водородную обработку материалов (ВОМ) [1]. Впервые сама возможность положительного влияния водорода на металлы была открыта в 50-х годах XX столетия при изучении деформируемости титановых сплавов американскими исследователями Цвиккером и Шляйхером. С 1970 года эта тематика активно развивалась в СССР и в итоге выделилась в самостоятельную область науки и технологии – ВОМ, основанную на комплексном воздействии водорода на металлы и металлические материалы. К настоящему моменту времени технологии ВОМ используются во всех отраслях металлургического производства [2].

1. Термоводородная обработка.

Крупным планом термоводородная обработка титана состоит из ряда последовательных операций: 1) наводороживание металла до заданных концентраций, 2) технологическое воздействие на металл, 3) вакуумный отжиг для удаления водорода из металла до безопасных концентраций.

Водород, при наводороживании титановых сплавов, производит комплексное влияние на их структуру и свойства: во-первых, понижает температуру фазового превращения Ac_3 , чем увеличивает количество β -фазы и приводит к перераспределению легирующих элементов между фазами. В результате этого β -фаза обедняется β -стабилизаторами и повышается ее способность к пластической деформации. Также, неодинаковое изменение удельных объемов α - и β - фазы титана дает возможность управлять морфологией и размерами частиц α -фазы, а также конечной структурой α - и псевдо- α -сплавов.

2. ВОМ в литейном производстве

Водородная технология в литейном производстве учитывает особенности взаимодействия конкретного материала с водородом. Так, водородная технология титановых отливок основана на контролируемой водородной хрупкости титановых сплавов. Она позволяет механизировать операции отделения элементов литниково-питающей системы и прибылей от отливок и существенно повысить производительность труда. В производстве алюминиевого литья совместное легирование сплава Д16 водородом, ванадием и церием, приводит к повышению прочности на 20-30 %, как в деформированном, так и в термически обработанном состоянии. Упрочнение после горячей прокатки сплава АМг2 при совместном легировании водородом, кальцием и лантаном достигает значений 40-65%, причем пластичность остается на достаточно высоком уровне [2].

3. ВОМ в порошковой металлургии

С помощью водородного воздействия можно осуществлять контролируемое порошкообразование интерметаллидов. Высокого уровня использования достигли на сегодняшний день водородные технологии производства порошков из редкоземельных сплавов типа $\text{R}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ для постоянных магнитов – так называемый HDDR-процесс (от английских слов hydrogenation- disproportionation-dehydrogenation-recombination), позволяющий получить из литых сплавов мелкодисперсный высококоэрцитивный порошок. По некоторым данным, размер зерен $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ после водородной обработки варьируется от 0,3 мкм до критического размера одиночного домена, который для $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ составляет 0,24 мкм.

4. ВОМ сварных соединений

Обычная термическая обработка сварных швов титановых сплавов не может полностью ликвидировать неоднородность структуры и механических свойств различных зон сварных соединений. Наводораживающий отжиг и регламентированное по скорости охлаждение сварных швов титановых сплавов приводят к формированию во всех зонах мелкодисперсной структуры, содержащей α -, β - и γ -фазу. Повышение температуры вакуумного отжига приводит к укрупнению пластин α -фазы, снижению временного сопротивления разрыву сплава, но одновременно происходит выравнивание характеристик пластичности шва и основного металла. ТВО с вакуумным отжигом показывает также хорошие результаты для сварных соединений из фасонных отливок титановых сплавов.

5 ВОМ для получения градиентных материалов $Me-MeH_x$

Для экспериментов были использованы палладий чистотой 99,98% в виде пластины размером $68 \times 5,5 \times 0,27$ мм, электролитически покрытый медью с одной стороны, и специально сконструированная водородо-вакуумная установка. Проводили односторонние насыщения пластины газообразным водородом в условиях $T=130$ С и ступенчатых напусках водорода до $P_{H_2} = 0,01, 0,033, 0,05$ МПа. Анализ видеозаписи [3] показал, что повторные напуски водорода приводят к **снижению величины максимального изгиба** пластины.

Первопричина наблюдаемого эффекта состоит в том, что в первоначальные этапы насыщения вблизи поверхности, насыщаемой водородом, в пластине формируется автолокализованный твердый раствор водорода в палладии PdH_x , в то время как более глубокие слои пластины со стороны медного покрытия еще свободны от водорода. На рисунке 1 представлены результаты проведенных нами расчетов зависимости максимального формоизменения пластины y_{max} от толщины h локализованного слоя PdH_x . Хорошо прослеживается корреляция: чем больше толщина сформированного локализованного слоя PdH_x , тем больше максимальный изгиб пластины. Подробнее о значении этого эффекта и его использовании на практике можно прочитать в [3].

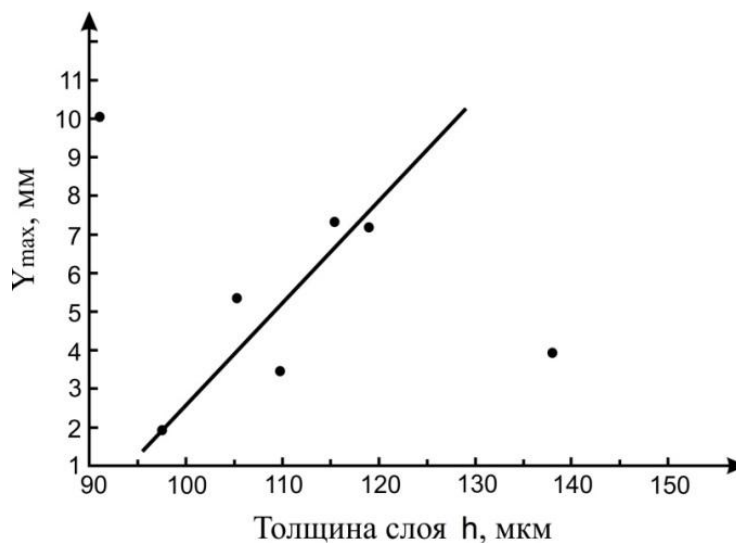


Рисунок 1 - Зависимость максимальных изгибов пластины от толщины локализованного слоя

- [1]. Гольцова, М. В. Водородная обработка материалов: история развития и перспективы / М. В. Гольцова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2016. - Т. 1. - С. 364-366.
- [2]. Гольцова М.В. Водородные технологии в литье и металлургии: настоящее и будущее / М.В. Гольцова // Литье и металлургия, 2018. Т.92. №4. – в печати
- [3] Гольцова М. В. Градиентный материал $Pd-PdH_x$ / М. В. Гольцова, Г. И. Жиров, Д. А. Назаров // Литье и металлургия, 2018. Т. 92. № 3. С. 110–117.

Анализ влияния способа ввода модифицирующей добавки в покрытие электрода на их сварочно-технологические свойства

Магистранты Сахончик В.Ю., Кисилевич Р.А.
Научный руководитель Урбанович Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа и оценки влияния метода ввода модифицирующей добавки в виде дисперсных - и ультрадисперсных частиц в покрытие электрода на их сварочно-технологические свойства.

Литературный анализ [1-4] показал, что использование дисперсных, ультрадисперсных и наноразмерных частиц в сварочных материалах приводит не только к улучшению их сварочно-технологических свойств, но и к модифицированию металла шва, которое является эффективным инструментом для обеспечения требуемых механических и эксплуатационных свойств сварного соединения.

Введение компонентов, находящихся в виде дисперсных и ультрадисперсных частиц в покрытие электрода для ручной дуговой сварки может осуществляться разными способами. Например, у электрода [1] покрытие которого разделено на два слоя, внутренний слой покрытия содержит шлакообразующие и газообразующие компоненты, а в наружный слой электродного покрытия добавлены частицы тугоплавких соединений (нитриды, карбиды, бориды и оксиды) размером 0,1 - 1,5 мм; а у электрода [2] на поверхность металлического стержня нанесено двухслойное покрытие. Внутренний слой покрытия содержит шлако- и газообразующие компоненты, наружный слой состоит из порошкообразной смеси микро- и /или наноразмерных тугоплавких компонентов со связующим. Толщина наружного слоя покрытия составляет 1,8 – 9 % от диаметра металлического стержня в зависимости от толщины внутреннего слоя покрытия.

В работах [3] рассмотрен способ введения модифицирующей добавки в виде нанопорошка на стадии производства электродов в жидкое стекло с применением механо-активаторной установки кавитационного типа. Так же приведены механические свойства и химический состав металла сварного шва, выполненного электродами с применением нанодисперсных порошков неорганических материалов. Результаты исследований показали, что структура металла шва, выполненного экспериментальными электродами, более однородная, чем после сварки серийными электродами. В результате во всех выше описанных случаях происходит модифицирование наплавленного металла.

В связи с вышесказанным в данной работе проводится сравнительный анализ двух способов ввода дисперсных частиц в покрытие электрода, критерием эффективности которых будут являться сварочно-технологические свойства.

Для исследований использовали стандартные и экспериментальные электроды марки УОНИ-13/55 (ГОСТ 9466-75) диаметром 3,0 мм, изготовленные на заводе «Ватра». Экспериментальными электродами в данном случае являлись электроды, в покрытие которых модифицирующая добавка была внесена в состав сухой шихты перед их опрессовкой в условиях завода.

С целью проведения сравнительных испытаний на сварочно-технологические свойства на поверхность стандартных электродов со связующим жидким стеклом плотностью 1,2 г/см³ наносили тонким слоем модифицирующую добавку в количестве 1 % к массе покрытия. Такое количество вносимой добавки обусловлено полученными результатами исследований, представленных в работе [4].

Показателями оценки сварочно-технологических свойств электродов были взяты длина разрывной дуги и продолжительность ее горения. Длину разрывной дуги определяли с помощью специальной установки по методике К.К. Хренова. Определение длительности горения дуги после ее зажигания до ее разрыва осуществляли с использованием компьютера с

установленной в нем платой аналого-цифрового преобразователя. На рисунке 1 представлены результаты сравнительных испытаний электродов на их сварочно-технологические свойства.

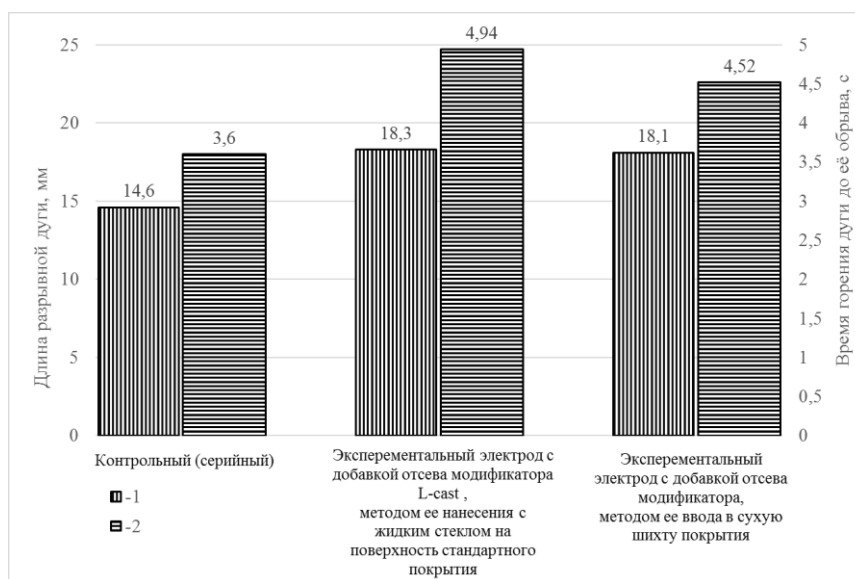


Рисунок 1 – Гистограммы изменения длины разрывной дуги и времени ее горения до обрыва электродов марки УОНИ-13/55, в покрытие которых введена модифицирующая добавка различными методами: 1 – длина разрывной дуги; 2 – время горения дуги до ее обрыва.

Анализ результатов сравнительных испытаний электродов показал, что не зависимо от метода ввода модифицирующей добавки в покрытие, увеличилась длина разрывной дуги, повысилась продолжительность и устойчивость ее горения. Таким образом, модифицирующую добавку в покрытие электрода можно вводить непосредственно в состав сухой шихты перед их опрессовкой или на поверхность покрытия путем нанесения добавки с жидким стеклом.

Список использованных источников

1. А.с. 1057220 «Двухслойное электродное покрытие», опубл. 30.11.83. Бюл. №44
2. Патент RU 2407617 «Электрод для дуговой сварки и наплавки», опубл. 27.12.2010. Бюл.№36
3. V.Makarov and S.B.Sapozhkov Use of complex nanopowder (Al₂O₃, Si, Ni, Ti, W) in production of electrodes for manual arc welding // World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Te[chniques and Technologies]. 2013. P. 27-90.
4. Урбанович, Н.И. Исследование влияния добавок, содержащих ультрадисперсные частицы в составе покрытий электродов на сварочно-технологические свойства и структуру металла шва / Н.И. Урбанович, Барановский К.Э., Радченко А.А., Игнатович З.В.

Сварочно-технологические свойства электродов марки УОНИ-13/55 с модифицирующей добавкой в покрытии

Студенты гр. 10403114 Яркевич Е.В. гр. 10403116 Лобанова М.А.,
Климович В.С., Разумовский Е.Р., Железовский М.А.
Научный руководитель Урбанович Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

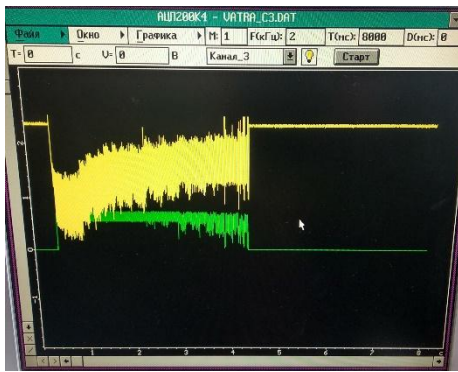
Влияние модифицирующей добавки, имеющей в своем составе такие химические элементы, как Ва, Sr, К, Si, Al, V и представляющей смесь устойчивых соединений щелочноземельных металлов в виде карбонатов, которую вводили в состав сухой шихты покрытия при изготовлении электродов в условиях завода «Ватра», на сварочно-технологические свойства проводили методом сравнительных испытаний с электродами, изготовленными по стандартной технологии без модифицирующей добавки. За основные показатели сварочно-технологических характеристик были взяты длина разрывной дуги (L_p) и продолжительность ее горения.

Длину разрывной дуги определяли с помощью специальной установки по методике К.К. Хренова. Результаты исследования представлены в таблице 1.

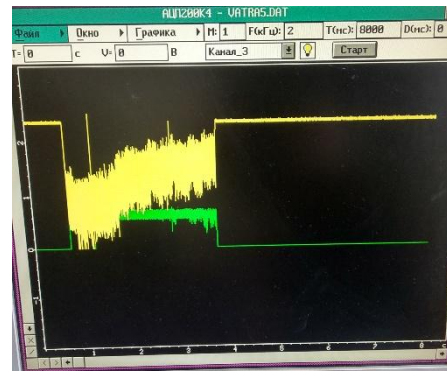
Таблица 1 Длина разрывной дуги стандартных и экспериментальных электродов марки УОНИ-13/55, изготовленных в заводских условиях

№ эксперимента	Длина разрывной дуги (L_p), мм		Среднее значение, мм
	электрод стандартный	электрод экспериментальный	
1	15,2	–	14,6
2	14,8	–	
3	16,0	–	
4	13,8	–	
5	13,0	–	
1	–	16,2	18,1
2	–	18,3	
3	–	19,8	
4	–	19,5	
5	–	16,6	

Из таблицы видно, что модифицирующая добавка, введенная в состав сухой шихты покрытия электрода, увеличила длину разрывной дуги в среднем с 14,6 мм до 18,1 мм. Определение длительности горения дуги после ее зажигания до ее разрыва, а также изменения силы тока и напряжения от начала возбуждения дуги до ее разрыва осуществляли с использованием компьютера с установленной в нем платой аналого - цифрового преобразователя. На рисунке 1 представлены примеры осциллограмм изменения тока и напряжения во время испытаний электродов на длительность горения дуги, выведенных на экран компьютера.



а



б

Рисунок 1 – Примеры осциллограмм изменения тока и напряжения во время испытаний на длительность горения дуги сварочных электродов: а – электрод с модифицирующей добавкой; б – электрод без добавки (стандартный)

Результаты исследований показали, что самое продолжительное время горения дуги до ее обрыва у экспериментальных электродов, его среднее значение составило 4,54 секунды, а у стандартного электрода – 3,21 секунды.

Осциллографирование сварочного тока и напряжения позволило установить, что при горении экспериментальных электродов осциллограммы характеризуются наличием пиков напряжения с меньшей амплитудой и большей их дисперсностью, что свидетельствует о большей устойчивости и стабильности дуги по сравнению со стандартными электродами.

На рисунке 2 представлены результаты сравнительного анализа сварочно-технологических свойств стандартных и экспериментальных электродов в виде гистограмм.

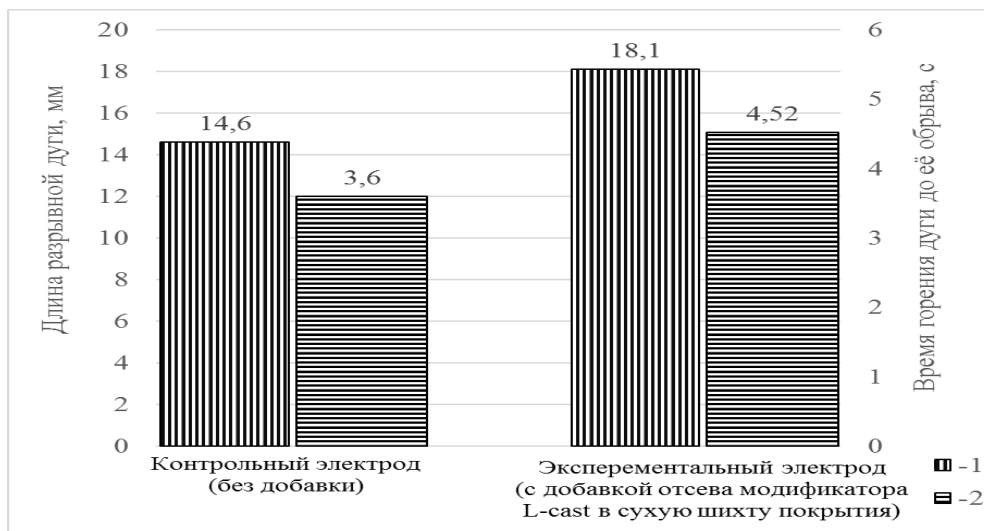


Рисунок 2 – Гистограммы изменения длины разрывной дуги и времени ее горения до обрыва электродов марки УОНИ-13/55:

1 – длина разрывной дуги; 2 – время горения дуги до ее обрыва

Таким образом, установлено, что добавление модифицирующего компонента в покрытие электродов методом ввода его в состав сухой шихты позволил повысить сварочно-технологические свойства покрытых электродов.

Исследование электроконтактной наплавки тел вращения

Магистрант гр. 131-18 ММЖФТр С.Саидханов
Научный руководитель доц., к.т.н Н.С. Дуняшин
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Приваривание металлических слоев для ремонта изношенных деталей металлургического оборудования или получение монокристаллических слоев с особыми свойствами выполняю электроконтактной наплавкой на специальных установках. Обычно приваривают к основной детали проволоку, ленту, припекают порошок.

Наиболее распространена схема приваривания проволоки. Сплошной металлический слой образуется на детали спиральными перекрывающимися валиками при вращении детали. Проволока подается направляющей втулкой. Сварочный ток поступает от трансформатора к детали и свободно вращающемуся ролику, к которому прикладывается $F_{св}$ от пневмоцилиндра через пружинный амортизатор. Нагрев и интенсивная пластическая деформация разрушают оксидные пленки в контакте деталь—деталь и приводят к образованию металлической связи в твердом состоянии [1].

При правильном выборе скорости вращения детали $v_{св}$ и продольного перемещения ролика $v_{прод}$, а также режима сварки каждый виток соединяется с соседним и с основным металлом, образуя сплошной металлический слой.

Наварка ленты вместо проволоки повышает производительность, однако условия пластической деформации менее благоприятны. Они достаточны для плавления и вытеснения легкоплавких оксидов из контакта деталь—деталь и образования связей лишь при сварке сталей. Иногда предварительно шлифованную и обезжиренную поверхность оборачивают широкой лентой — гильзой, а затем ее приваривают. Таким путем соединяют (специальными роликовыми клещами) стальные гильзы к корпусу чугунного блока цилиндров тракторов. Зазор между концами гильзы должен быть не более ее толщины (0,3—1 мм). Вначале ее захватывают по окружности в середине. Затем начинают приварку с краев перекрывающимися точками. Швы перекрывают на 25 %. Соединение формируется обычно с расплавлением, но может и частично в твердом состоянии.

При правильном выборе скорости вращения детали $v_{св}$ и продольного перемещения ролика $v_{прод}$ а также режима сварки каждый виток соединяется с соседним и с основным металлом, образуя сплошной металлический слой.

Отличительной особенностью процесса является то, что образование соединения происходит в твердой фазе, что позволяет не смешивать присадочный и основной металл. Поверхностный слой металла основы и присадочный металл нагревается до пластического состояния короткими 0,02 – 0,04 сек импульсами тока силой 10 - 20 кА. Преимуществами этого способа по сравнению с дуговыми способами наплавки является:

1. Минимальная зона термического влияния вследствие малой длительности импульсов тока и отсутствия деформаций;
2. Высокая производительность процесса до 200 см² покрытия в минуту;
3. Отсутствие мощного светового излучения и газовыделения;
4. Отсутствие необходимости в защитной среде ввиду кратковременного термического влияния.

Электроконтактной наплавкой можно получать покрытия толщиной 0,2 мм. Особенности нагрева определяются формой изменением зоны наплавки, характером деформации и условиями теплоотвода. Зона нагрева металла основы до температуры структурных превращений распространяется не глубже 0,3 мм, что в 6 – 10 раз меньше глубины распространения

зоны термического влияния при электродуговой наплавки. Присадочная проволока и металл основы в зоне контакта нагреваются до температур 1400 – 1500°С за 0,02 – 0,04 с.

Соединение металлов в твердой фазе при пластической деформации происходит вследствие межатомных сил взаимодействия. Параметрами деформации являются величина ε и скорость v , которые должны обеспечивать заданную толщину слоя металла и соединение его с поверхностью изделия. При некоторой толщине слоя металла покрытия h , т.е. заданной величине деформации проволоки, условия взаимодействия могут обеспечиваться соответствующим выбором температуры и скорости деформации. Эти условия можно обеспечивать и выбором диаметра проволоки, определяющего ε и v для любого h при постоянной температуре и давлении [2].

Свойства наплавленного металла при электроконтактной наплавки определяются химическим составом присадочного металла. Углеродистые стали при жестких режимах приобретают максимальную твердость закалки. Малоуглеродистые стали практически не изменяют твердость после наплавки. Электроконтактная наплавка позволяет наносить слои металла без смешивания с основным металлом, что важно при образовании слоев с особыми свойствами. Одной из характеристик различных способов наплавки является степень снижения усталостной прочности наплавленных деталей, которая зависит от состояния их поверхности перед наплавкой и последующей механической обработки.

При восстановлении и изготовлении деталей применяют металлы и сплавы, имеющие различные физико-механические и электрофизические свойства. Для исследования характера взаимодействия металлов в процессе наплавки используется метод последовательного отрыва единичной площадки. При равнопрочном соединении наплавленный металл полностью удаляется с основного металла. Если прочность присадки больше прочности основного металла, то на нем наблюдаются следы вырывов. Этот метод позволяет качественно оценить процессы происходящие на поверхности образцов.

Основные параметры электроконтактной наплавки:

1) давление создаваемое электродом:

$$v = 0,55gd^2(D \cdot \arccos(1 - (d - \delta)/D)) / \delta,$$

где g – давление, равное 8-9 кгс/мм²;

D – диаметр детали, мм.

δ – толщина наплавляемого валика, мм.

2) величина тока:

$$I_3 = \sqrt{\frac{Q_{об.э}}{0,24R_3t_3}},$$

где $Q_{об.э}$ – количество теплоты для наплавки единичной площадки заданной толщины, Дж;

R_3 – сопротивление участка цепи наплавки ролик – деталь, Ом;

t_3 – длительность импульса тока, с

Электроконтактную наплавку применяли в первую очередь при восстановлении точных деталей в связи с возможностью нанесения тонкого слоя металла 0,1 мм, а также для повышения коррозионной стойкости и износостойкости поверхностных слоев.

Библиографический список

1. Дуняшин Н.С., Абралов М.А., Сварка давлением - Ташкент: ТашГТУ, 2003 - 214 с.
2. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т 2. Технология и оборудование. Справочное издание /Под. ред. В.М. Ямпольского. - М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1998. - 574 с.

**Разработки электродов для ручной дуговой сварки и наплавки
с использованием плавленных минералов**

Магистрант гр. 132-18 ММЖФТр Б. Тухтамурадов
Научный руководитель доц. З.Д. Эрматов
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Сварочное производство одно из ведущих в промышленности, благодаря которому производится более половины валового национального продукта промышленно развитых стран. В настоящее время можно говорить о стабильности внутреннего рынка сварочных материалов. Однако на нем сохраняется высокая доля импортных электродов, особенно специального назначения, что в значительной степени обуславливается нехваткой традиционных сварочных материалов, ухудшением качества продукции, высокими ценами, необходимостью перевозки сырья на электродные заводы, включая импорт сырья из дальнего и ближнего зарубежья. [1]. Определяющим в вопросе качества сварного шва является правильный подбор сварочных материалов и сырья для их производства. Общие принципы выбора электродов для ручной дуговой сварки определяются следующими условиями [2,3]:

- отсутствие пор и шлаковых включений или их минимальные размеры и количество на единицу длины шва, допустимые для конкретных изделий или условий эксплуатации;
- отсутствие горячих и холодных трещин;
- определенный комплекс и уровень механических свойств металла шва в сочетании с металлом свариваемых деталей;
- получение комплекса специальных свойств металла шва;
- требуемая технологичность электродов, т.е. их универсальность, пригодность для применения в заданных климатических условиях и т.д.;
- удовлетворительные санитарно-гигиенические характеристики электродов (охрана труда сварщиков).

Выполнение указанных условий достигается соответствующим подбором стержня электрода и компонентов электродного покрытия. Современные электродные покрытия являются сложными многокомпонентными системами. Входящие в них материалы выполняют разнообразные металлургические и технологические функции. Традиционные компоненты сварочных покрытых электродов имеют разнородность частиц шихты по фракции, по морфологии, по плавкости и вязкости при плавлении, что не позволяет достичь требуемых параметров стабильности горения дуги, шлаковой и газовой функции [4].

В свете поиска новых источников для производства традиционных компонентов сварочных материалов, а также разработки новых оригинальных рецептур покрытий сварочных электродов, необходимо учитывать требования, предъявляемые к качеству сырья для таких материалов.

Для производства покрытий электродов ручной дуговой сварки используют сырьевую базу, которую условно делится на: минеральное сырье, ферросплавы, металлы для раскисления, легирования и модифицирования наплавленного металла, органические вещества и искусственные химические материалы.

Первоначальный анализ компонентов шихты в покрытия электродов для ручной дуговой сварки проводится согласно разработанной классификации. Известно, что минерально-сырьевая база делится по назначению компонентов, входящие в состав сварочных материалов на следующие группы: стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие, газообразующие, пластифицирующие и связующие. По критериям выбора минерального сырья для производства сварочных материалов компоненты шихты ограничены содержанием примесей серы и фосфора, содержанию железа.

Использование ультрадисперсных компонентов в составе сварочных материалов может способствовать формированию оптимальных структур электродных покрытий, которые обеспечат более эффективное использование компонентов сварочных материалов. Оптимальный температурный режим при изготовлении электродов с использованием наноматериалов позволит регулировать содержание воды и гидроксильных групп в составе сварочных материалов, влияющих на содержание водорода в металле шва и прочностные эксплуатационные характеристики сварных изделий и пористость металла шва. Наличие гидроксильных групп в прекурсорах наноразмерных компонентов на основе природных и синтетических золь, гидрогелей и оксигидроксидов позволяет надеяться на возможность их использование в качестве новых связующих в производстве электродов.

Одной из задач, решаемых в данной работе, является введение в компоненты сварочных материалов небольших количеств легирующих элементов, таких как редкоземельные элементы, цирконий и др. для улучшения сварочно-технологических характеристик шва. При этом распределение данных элементов должно быть по возможности равномерным по всему объему покрытия сварочного электрода. Такого распределения на практике не удавалось добиться при введении малых добавок необходимых элементов непосредственно в состав покрытия, следовательно, и переход в состав металла шва также является не равномерным.

Введение в состав покрытий легирующих элементов осуществляли методом получения плавящихся компонентов – миналов, содержащих в числе прочих легирующие элементы. При плавлении миналов были использованы рекомендуемые нами очищенные компоненты, а также оксиды редкоземельных элементов как источник легирующих элементов. Данный метод обеспечивает получение однородных продуктов, низкую их реакционную способность по отношению к жидкому стеклу, простоту дозирования малых количеств легирующих добавок.

Разработанный состав покрытия электрода содержит, мас. %: мрамор – 52–60, песок кварцевый – 8–11, плавиковый шпат – 17–21, каолин обогащенный – 3,8–5,4, сода – 1,5–1,9, целлюлоза электродная 0,8 – 1,6, гексафторцирконата (VI) калия – 12,5–18,9, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

Покрытые электроды по геометрии состояния поверхности ровные, гладкие, без дефектов. На определение прочности покрытия по методике удара электродами с определенной высоты об бетонную поверхность откол покрытия не наблюдался. Таким образом, изготовленные сварочные электроды обладают требуемым качеством по нанесению покрытия, равномерностью распределения компонентов, отсутствием дефектов, все это говорит о качестве используемого минерального сырья в шихте электродных покрытий.

Библиографический список

1. Шлепаков В. Н. Современные электродные материалы и способ электродуговой сварки плавлением (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2011. – №10. – С. 31-35.
2. Моравецкий С. И. Отделимость шлаковой корки при дуговой сварке (обзор) Ч. 1. Механизм химического сцепления шлаковой корки с металлом шва // Автоматическая сварка. – 2011. – №1. – С. 32-37.
3. Моравецкий С. И. Отделимость шлаковой корки при дуговой сварке (Обзор). Ч. 2. Характер влияния основных факторов на отделимость шлаковой корки // Автоматическая сварка. – 2011. – №2. – С. 22-27.
4. Кузнецов М.А. Нанотехнологии и наноматериалы в сварочном производстве (Обзор) / М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин // Сварочное производство. – 2010. – №12. – С.23-26.

Определение кажущейся плотности композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и прогнозирование эрозионной стойкости полученных композитов

Магистрант гр.18- МАШ(мг) Цветков И.С.
 Научный руководитель Котлярова И.А.
 Брянский государственный технический университет
 г. Брянск

Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы широко используются для ремонта поврежденного оборудования и получения изделий различной сложности. Срок службы полученных изделий и клеевых соединений зависит от эрозионной стойкости композиционного материала, которая прямо пропорциональна истинной плотности и обратно пропорциональна пористости [1]. Истинная плотность – это величина, определяемая отношением массы однородного материала к занимаемому им объему в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот. Пористость материала характеризует степень заполнения объема материала порами [2].

Априори понятно, получение бездефектных композиционных материалов – практически труднореализуемая задача, поэтому истинную плотность теоретически рассчитывают по правилу смесей. Прямые методы измерения пористости материалов чрезвычайно сложны и этот показатель оценивают путем экспериментального определения свойств, зависящих от пористости, например, кажущейся плотности и водопоглощения.

В связи с этим целью нашей работы стало получение наполненных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и прогнозирование их эрозионной стойкости по значению кажущейся плотности полученных композитов.

Наполненные композиционные материалы получали путем смешения связующего (100 частей ЭД-20, 12 частей отвердителя (полиэтиленполиамины), 5 частей пластификатора (трибутилфталата)) с 20 частями наполнителя. Компоненты смешивали на водяной бане, температура воды – 45 °С и отверждали в течение 24 часов. В качестве наполнителей использовали кремнезем, маршаллит, алюминиевую пудру, кристаллический графит, дубовую пыль. Предварительно определяли гравиметрическим методом содержание адсорбированной воды в наполнителях. Наличие влаги – причина дефектов в композитах (наличие пор, пустот), поэтому наполнители прокаливали в печи при температуре 100 °С в течение 30 мин для удаления физически связанной воды, табл.1.

Таблица 1 - Определение влажности дисперсных наполнителей гравиметрическим методом

Наполнитель	Масса до прокаливания m , г	Масса после прокаливания m_0 , г	Содержание адсорбированной воды ω^1 , %
Кремнезем	35,7	32,2	9,8
Маршаллит	13,1	11,0	16,0
Алюминиевая пудра	4,1	3,9	4,9
Кристаллический графит	13,3	13,0	2,2
Дубовая пыль	6,0	5,2	13,3

¹ $\omega = (m - m_0) / m$, где ω – содержание адсорбированной воды в долях от единицы; m – масса наполнителя до высушивания, г; m_0 – масса наполнителя после высушивания, г

Кажущуюся плотность полученных образцов, рис.1, определяли методом гидростатического взвешивания. Метод состоит во взвешивании образцов в воздухе, а затем в воде и вычислении их плотности по формуле

$$\rho_{\text{образца}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m_{\text{воздух}}}{m_{\text{воздух}} - m_{\text{вода}}},$$

где $m_{\text{воздух}}$ – масса образца, взвешенного в воздухе, г; $m_{\text{вода}}$ – масса образца, взвешенного в воде, г; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность воды, г/см³. Температура воды – 14 °С, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,99927$ г/см³.

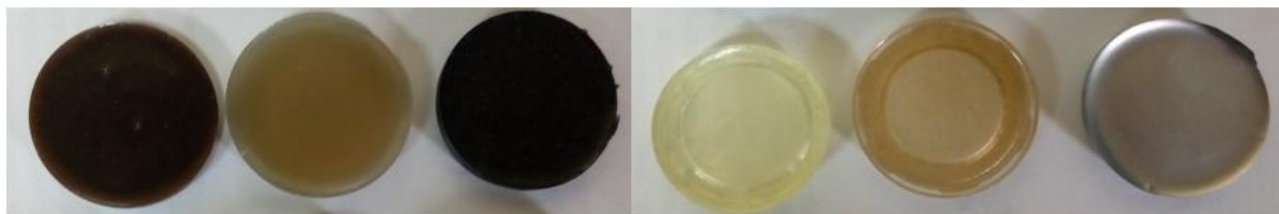


Рис.1. Образцы композитов на основе эпоксидной смолы с различными наполнителями (слева на направо: дубовая пыль, маршалит, графит, без наполнителя, кремнезем, алюминиевая пудра)

Полученные экспериментальные данные представлены в табл.2.

Таблица 2 -Определение кажущейся плотности композитов методом гидростатического взвешивания

Образец	$m_{\text{воздух}}$	$m_{\text{вода}}$	ρ , г/см ³	Образец	$m_{\text{воздух}}$	$m_{\text{вода}}$	ρ , г/см ³
ЭД+ дубовая пыль	8,83	1,43	1,192	ЭД	13,76	1,09	1,085
ЭД+ маршалит	10,21	2,27	1,285	ЭД + кремнезем	9,60	0,78	1,088
ЭД + графит	11,88	2,74	1,299	ЭД + алюминиевая пудра	10,10	1,25	1,140

Проведенный эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1. Добавление наполнителей в эпоксидное связующее приводит к увеличению плотности материала (плотность увеличивается в ряду: ЭД → ЭД + кремнезем → ЭД + алюминиевая пудра → ЭД + дубовая пыль → ЭД + маршалит → ЭД + графит);

2. Учитывая, что нет прямой корреляции между плотностью используемых наполнителей (дубовая пыль – 2,27 г/см³, маршалит – 2,55 г/см³, графит – 2,26 г/см³, кремнезем – 2,65 г/см³, алюминиевая пудра – 2,55 г/см³), можно предположить о влиянии наполнителей на пористость полученного материала и, следовательно, на его эрозионную устойчивость.

3. Наибольшей устойчивостью к разрушению характеризуется эпоксидный композит, наполненный графитом; наименьшей – образец без наполнителя.

[1]. Ряшенцев М.С, Колесников С.А. Определение кажущейся и истинной плотностей углерод-углеродных композиционных материалов и конструкционных графитов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016 г. №7, том 82. С.43-44.

[2]. Ольхов А.А., Григорьева Е.А., Хватов А.В., Колесникова Н.Н., Попов А.А., Заиков Г.Ф. О методике определения плотности вспененных полимерных композиционных материалов // Вестн. Волгogr. гос. ун-та. Сер. 10, Иннов. деят. 2014. № 1 (10). С.55 – 60.

**Увеличение адгезионной прочности системы «связующее – наполнитель»
в полимерных композиционных материалах**

Магистрант гр. *18-МАШ(Мг)* Кравцов П.С.
Научный руководитель Котлярова И.А.
Брянский государственный технический
университет
г.Брянск

Наполненные полимерные композиционные материалы НПКМ находят широкое применение во всех сферах строительной индустрии.

Прочность готовых изделий из НПКМ и клеевых соединений на основе НПКМ зависят от сил сцепления «связующее – наполнитель», т.е. от величины адгезии. Из литературы известно, что повысить адгезионную прочность в полимерных композиционных материалах можно: уменьшив содержание влаги в наполнителе (предварительная сушка), увеличив площадь контакта «наполнитель – связующее» за счет снижения поверхностного натяжения смолы и улучшения смачивания смолой армирующих элементов (введение в смолу аппретов), сформировав химические связи на границе «наполнитель – связующее» (химическое модифицирование наполнителей) [1,2].

Введение в смолу химически активных аппретов позволяет целенаправленно регулировать структуру связующего и целенаправленно изменять его эксплуатационные характеристики [3]: снижать вязкость, повышать механические свойства, термостойкость и т.д. При этом, действие разных аппретов по отношению к одному и тому же композиту существенно отличается, табл.1 [1].

Таблица 1 - Свойства полимерного композиционного материала на основе графита и полипропилена

Вид аппрета	Количество аппрета, %	Прочность при разрыве, МПа
Без обработки	0,0	29
Винилсилан	0,3	41
Фосфаторганотитанат	0,3	21

Модификаторы наполнителей должны обладать би – или многофункциональностью, т.е. обладать двумя или несколькими функциональными группами, способными химически взаимодействовать и с –ОН и –NH₂ группами эпоксидной смолой, и с поверхностными группами наполнителя. Важно, чтобы модифицирование происходило в «мягких» условиях, т.е. взаимодействие затрагивало только поверхностные слои наполнителя и не приводило к деструкции смолы [4].

В качестве модификаторов наполнителей (стеклоткань, углеродные волокна, арамидные волокна) применяются: хромовой комплекс метакриловой кислоты, винилтриэтоксисилан, хлорсилан, кремнийорганические (КОС), фосфорорганические соединения (ФОС) и др. [1]. Так, стеклопластики, модифицированные КОС и ФОС, обладают хорошей водостойкостью, устойчивостью к действию солнечной лучей, повышенной огнестойкостью.

Среди модификаторов различных материалов особый интерес представляют соединения четырехкоординированного бора, например, боразотные соединения (моноэтанолламин(N→B)тригидроксидборат, диэтанолламин(N→B)тригидроксидборат), являющиеся достаточно активными модифицирующими агентами гидроксильных подложек, проявляющие свойства эффективных антисептиков-антипиренов и снижающие водопоглощение гидрофильных материалов [5], к которым, в частности, относится и эпоксидная смола. Так, методом ИК-спектроскопии установлено, что при модифицировании моноэтанолламин(N→B)тригидроксидборатом древесных опилок происходит химическое взаимодействие модификатора с первичными гидроксильными группами целлюлозы и карбоксильными

группами лигнина, рис.1. О чем свидетельствуют снижение интенсивности пиков 1029 и 1736 см^{-1} на ИК-спектре модифицированного образца относительно соседних полос поглощения.

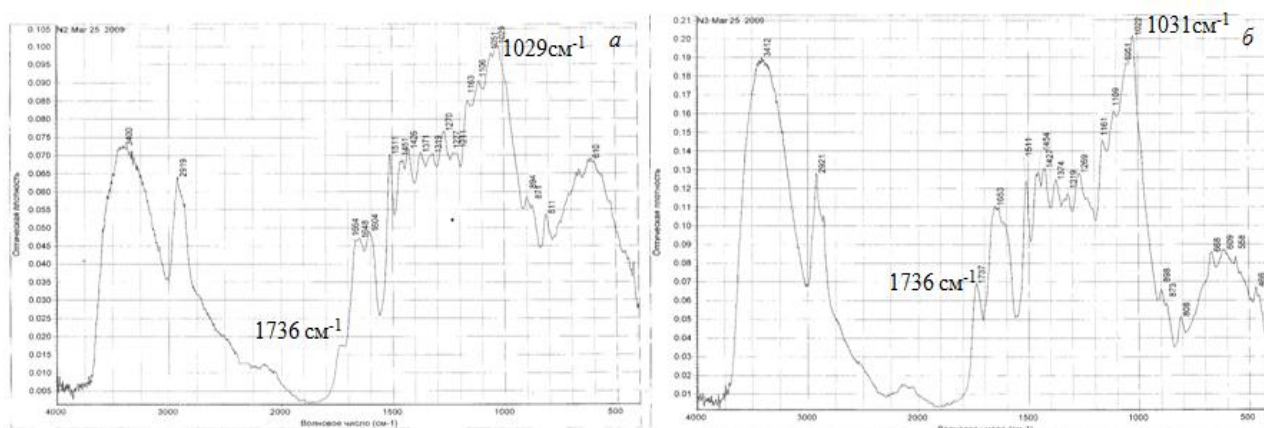


Рисунок 1 - ИК-спектры немодифицированных (а) и модифицированных моноэтаноламин(N→В)тригидроксидом древесных опилок сосны [5]

Таким образом, на основании анализа литературных и экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. Химическое модифицирование наполнителей и введение аппретов в смолу – эффективные приемы, позволяющие повысить адгезию системы «наполнитель – связующее» в НПКМ и повысить прочность полимерных композиционных материалов;
2. Модификаторы и аппретов по-разному проявляют себя в различных композитах;
3. На современном этапе развития науки в этой области предпочтение отдается би- и многофункциональным элементоорганическим модификаторам, взаимодействующих с компонентами композита в мягких условиях;
4. Индивидуальные свойства модификаторов (водо-, огнестойкость и т.д.) могут передаваться композитам, что улучшает эксплуатационные свойства последних;
5. В качестве модификаторов гидроксильных наполнителей полимерных композиционных материалов можно использовать четырехкоординированные боразотные соединения.

[1]. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1). Томск. 2013. 118с.

[2]. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение. Новосибирск. 2002. 384с.

[3]. Горбачева С.Н., Горбунова И.Ю., Антонов С.В., Кербер М.Л. Свойства композиционных материалов на основе эпоксидной смолы, модифицированных нитридом бора // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXI. 2017. №11.

[4]. Берлин Ал.Ал. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М., 1990. 240с.

[5]. Сидоров В.И., Котенева И.В., Котлярова И.А. Комплексная защита древесины составами на основе боразотных соединений // Строительные материалы. 2010г. №6. С.156-160.

Создание математической модели, позволяющей предсказывать дисперсность получаемого порошка тугоплавкого металла

Расулов А.Х., Халимжонов Т.С., Расулова Ш.А.,
Икромов Ж.Т., Бекжанова В.Б. (ТашГТУ)

Введение. Создание математической модели, позволяющей предвидеть дисперсность получаемого порошка тугоплавкого металла и установить эффективные способы ее регулирования, требует применения комплексного подхода, т.е. отражения развития процесса в одновременном и взаимосвязанном протекании всех основных стадий и явлений. Приведены результаты исследования теоретических основ создания твердосплавного инструмента сочетающего прочность и пластичности из дисперсных порошков тугоплавких металлов. Показано, что к важным технологическим аспектам создания твердосплавных инструментов относится получение порошков тугоплавких металлов методом плазмохимического восстановления оксидов тугоплавких металлов.

Объекты и методы исследование. Лабораторная установка мощностью до 20 кВт для получения высокодисперсных порошков тугоплавких металлов представлена на рис. 1. В плазматроне использовался стержневой вольфрамовый катод диаметром 5 мм, запрессованный в медный водоохлаждаемый держатель. Анодом служило водоохлаждаемое медное сопло диаметром 5 – 12 мм. Диаметр реактора на графите – 90 мм, его длина – 210 мм.

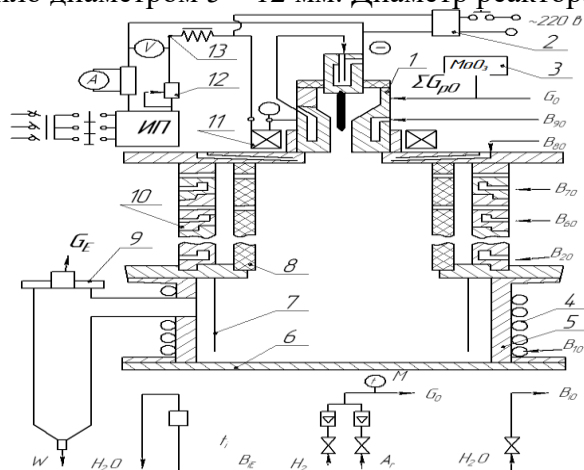


Рисунок 1 - Схема лабораторной установки: 1 – плазматрон; 2 – осциллятор; 3 – дозатор; 4 – змеевик; 5 – отделитель; 6 – днище отделителя; 7 – дефлектор; 8 – тепловой экран; 9 – фильтр; 10 – секция реактора; 11 – соленоид; 12 – реостат; 13 – дроссель; ИП – источник питания

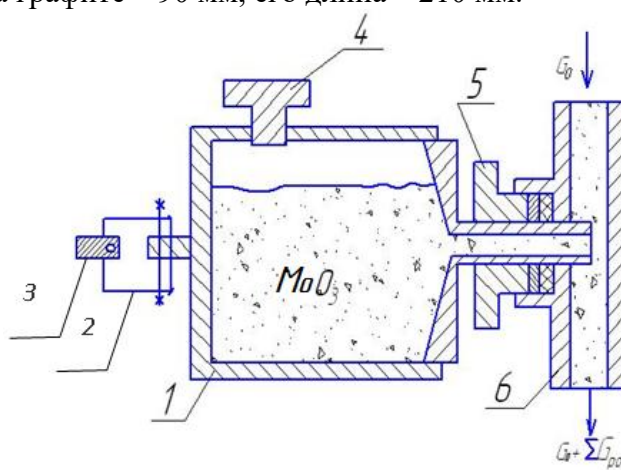


Рисунок 2 - Принципиальная схема дозирующего устройства: 1 – бункер дозатора; 2 – кардан; 3 – вал двигателя; 4 – заглушка; 5 – зажимная гайка; 6 – смеситель

Для обеспечения равномерной подачи сырья, быстрого начала и прекращения процесса, применялась созданная автором конструкция дозатора (рис.2), работающего по принципу сообщающихся сосудов. Расход сырья регулировался числом оборотов бункера и углом его наклона и составил 0,005–0,1 г/с (при тонкостенном патрубке с внешним диаметром 5 мм, внутреннем 3 мм и длине 40 мм). В экспериментах применялся выносной фильтр с рабочей поверхностью 0,5 м² из стеклоткани. Газоснабжение плазматрона производилось из стандартных баллонов. Плазмообразующим газом в основном являлась смесь Ar и H₂. Добавлением Ar достигнут необходимый для комплексных исследований 2-3-часовой режим работы плазматрона без заметной эрозии электродов, а также последующая воспроизводимость режимов работы установки.

Выбор конструкции бункера-дозатора произведен на основании опробования дозатора с ворошителем (объемный расход сырья $G_{p0} < 30$ кг/ч), бункера питателя с псевдохимическим

слоем ($G_{po} > 20$ кг/ч) и питателя с вертикальным шнеком. Лучшие результаты по уровню пульсаций, воспроизводимости, диапазону расходов получены на шнековом питателе.

Полученные научные результаты и их анализ. Обсчет опытов по синтезу модели производился в предположении, что: 1) сырье состоит из трех фракций с размерами частиц 10,30 и 50 мкм и их содержание 3, 42, 55 масс. % (см. табл. 1); 2) плазменный поток является ограниченным; 3) осевое распределение температуры $T_m(x)$ в плазменной струе задавалось по экспериментальным данным с максимальной погрешностью +100; 4) расчет стадии конденсации-коагуляции проводился при значении S_k , равном плотности жидкого вольфрама – 15,54 см; 5) изменение S_{y0} продукта в потоке прекращается при $T_m(x) < 1450$ К. Выбор конструкции питателя сырья произведен на основании опробования дозатора с ворошителем ($G_{po} < 30$ кг/ч) бункера питателя с псевдохимическим слоем ($G_{po} > 20$ кг/ч) и питателя с вертикальным шнеком. Лучшие результаты по уровню пульсаций, воспроизводимости, диапазону расходов получены на шнековом питателе.

Выводы. Растворимость вольфрама в кобальте в большой мере зависит от количества углерода в сплаве и режима охлаждения после спекания: в случае недостатка углерода высокая скорость охлаждения приводит к существенному увеличению содержания вольфрама в кобальте. Естественно, что содержание в связующей фазе сплавов WC–Co некоторого количества вольфрама и углерода приводит к изменению ее свойств. Это дает возможность регулировать механические характеристики твердых сплавов в целом.

Таким образом, теоретически обоснована возможность создания математической модели, позволяющей прогнозировать дисперсность получаемого порошка тугоплавкого металла.

Литература

1. Патент №IAP 04732. 26.06.2013. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. и др. Плазмохимический реактор.
2. Каламазов Р.У. Нанокристаллические структуры в материаловедении.–Ташкент: ТашГТУ, 2004.–98 с.
3. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. //Создание конструкционных материалов с использованием ультрадисперсных порошков вольфрама: Монография - Ташкент, ТашГТУ, 2015. -168 с.
4. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X. //Ekstremal sharoitlarda ishlatiladigan qattiq qotishmali metall kompozitlar va ularni termik ishlash: Monografiya - Toshkent, ToshDTU, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2016. - 170 b.
5. Расулов А.Х. Экстремал шароитда ишлайдиган Мо-Тiс-Ni-W-Fe системали қотишмалардан асбоблар ишлаб чиқариш технологиясини тадбиқ қилиш.// Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2015. –№2. –С. 160 – 164.
6. Расулов А.Х. и другие. Разработка технологии производства нового спеченного сплава Мо-ТiС. Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Омск, 4-10 апреля 2016. С. 138-142.

Металлургические процессы

Равновесное содержание водорода в жидкой и твердой стали

Студент гр. 10405315 Качина В.Ю.

Научный руководитель Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Среди трех основных газов (кислород, азот и водород) наиболее сильное воздействие на свойства стали и сплавов оказывает водород, и его взаимодействие с металлами наиболее сложно.

Растворимость водорода в жидком железе значительно выше, чем в твердом железе при температуре плавления. Растворимость водорода также скачкообразно меняется при структурных превращениях в твердом металле.

При прочих равных условиях содержание водорода в железе определяется давлением водорода в газовой фазе: $[H] = K_H \cdot \sqrt{P_{H_2}}$.

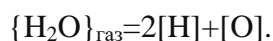
По данным [1]: $\lg K_H = -1670/T - 1,68$.

Содержащиеся в стали примеси оказывают влияние на растворимость водорода. Углерод, кремний, никель, хром, фосфор и алюминий уменьшают, а титан, марганец, цирконий и ниобий увеличивают растворимость водорода в стали, однако это влияние невелико. На растворимость водорода в железе существенное влияние оказывает кислород. Произведение концентраций этих элементов в жидком металле составляет постоянную величину при данных условиях:

$$[H] \times [O] \approx \text{const.}$$

Известно, что главным источником водорода в сталеплавильном процессе является не газообразный водород, а водяные пары, содержащиеся в печной атмосфере и растворенные в шлаках. Поглощение водорода жидким металлом из водяных паров зависит от их парциального давления и от активности кислорода в ванне.

Общая реакция имеет вид:



По данным Карни, Чипмена и Гранта при 1600 °С содержание водорода при равновесии будет составлять [2]:

$$[H] = 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{P_{H_2O}}{a_o}},$$

где P_{H_2O} – парциальное давление водяных паров;

a_o – активность кислорода, пропорциональная его концентрации.

Следовательно, концентрация водорода в металле уменьшается с увеличением содержания кислорода.

Растворенный водород удаляется из жидкой стали посредством формирования двухатомного газообразного водорода: $[H] \rightarrow \frac{1}{2} H_2 (g)$

Таблица 1 – Равновесное содержание водорода при различных давлениях

Параметр	Значение			
p_{H_2} , атм	1,0	0,1	0,01	0,001
[H], ppm	25,6	8,1	2,6	0,8

Современные вакууматоры могут достигать низкого давления (0,001 атм.), поэтому при оптимальных рабочих условиях можно производить сталь с уровнем водорода менее 1 ppm.

Допустимый предел содержания водорода в заготовках зависит, как известно, от их толщины и марки стали. Поэтому в каждом конкретном случае выбирается технология обработки, позволяющая надежно удалить водород для исключения дефектов.

На концентрацию водорода в металле могут оказывать заметное влияние условия разливки. В работе [3] установлено, что при открытой разливке содержание водорода увеличивается в среднем на 1 ppm. Поэтому большое значение имеют мероприятия по защите металла от контакта с атмосферой.

Система корректирования времени выдержки заготовок под колпаками на основе контроля водорода в жидком металле позволяет надежно избегать брака по флокенам и, в то же время, минимизировать энергозатраты и время выдержки.

При повышенном содержании водорода в жидком металле длительность охлаждения заготовок под колпаками увеличивают.

Вакуумирование в сочетании с замедленным охлаждением необходимо для производства многих марок специальных сталей с целью предотвращения дефектов, причиной которых является водород.

Для более эффективного удаления водорода из металла марок с суженной α -областью (коэффициент диффузии водорода имеет наибольшее значение в α -Fe) установки замедленного охлаждения на Wakayama Works были модернизированы для реверсивного нагрева. Сущность этой технологии заключается в следующем: после остывания металл снова нагревается, но не выше точки A_3 и затем медленно остывает. Циклы реверсивного нагрева могут повторяться несколько раз.

Эффект от модернизации установок замедленного охлаждения, полученный на стали с 9 % Ni [3]: относительное удаление водорода при замедленном охлаждении, без реверсивного нагрева – 28%; с реверсивным нагревом – 80%.

Для снижения содержания водорода в металле и ослабления его вредного влияния на качество применяют следующие методы: организация кипения ванны при окислении углерода; продувка инертными газами; электромагнитное перемешивание; обработка металла вакуумом; добавка гидридообразующих элементов; выдержка закристаллизовавшегося металла при повышенных температурах.

Список использованных источников

1. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали, М.: Металлургия, 1992. – 336 с.
2. Газы в литом металле. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://metal-archive.ru/gazy-v-litom-metalle/277-vodorod-v-zhidkoy-stali.html>.
3. Nashiwa H., Nagahata T. Recent developments of D-H operation at Wakayama Works./ Proceedings of the fifth international conference on vacuum metallurgy and electroslag remelting processes. Munich, October 11-15, 1976. p. 45-51.

Энергопотребление при выплавке стали в электрических печах

Студент гр.10405316 Борковский Н.И.
 Научный руководитель Трусова И.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Выплавку стали на машиностроительных предприятиях производят в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) или в индукционных установках. Каждый тип печи имеет свои преимущества и недостатки, область применения.

Индукционные печи имеют ряд преимуществ перед дуговыми печами [1]. Основными из них являются:

- отсутствие электрической дуги, что позволяет выплавлять сталь с низким содержанием углерода, газов и малым угаром элементов;
- наличие электродинамических сил, которые перемешивают металл в печи и способствуют выравниванию химического состава, всплыванию неметаллических включений;
- небольшие размеры печей позволяют помещать их в камеры, где можно создать любую атмосферу или вакуум.

Наряду с этим индукционные печи обладают недостатками, к основным из которых следует отнести:

- недостаточная температура шлака для протекания металлургических процессов между металлом и шлаком;
- малая стойкость футеровки, что приводит к частым ремонтам и остановкам;
- невозможность управлять в процессе плавки электрическим режимом.

Учитывая, что в технической литературе имеется мало сведений о сравнительном анализе потребления электроэнергии для ДСП и индукционных печей, в настоящей работе предпринята попытка осуществить сравнение энергопотребления для ДСП литейного класса и индукционной печи. Для сравнения принята конструкционная марка стали 40Х. Расчеты включали материальный баланс, определение основных размеров печи и выполнение теплового баланса. Результаты расчетов для индукционной установки и дуговой электропечи приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1 – Тепловой баланс для индукционной печи

Приход	МДж	%	Расход	МДж	%
Теплота, вносимая в печь с электро-энергией	11694,7 7	96,7	Теплота, израсходованная на нагрев, расплавление, перегрев металла и шлака	8235,1	68
Теплота экзотермических реакций	403,1	3,3	Тепловые потери через футеровку	306,8	2,5
			Потери излучением	522,77	4,32
			Потери охлаждающей водой	2058,78	17
ИТОГО	12097,87	100			

			Потери с уходящими газами	130,1	1,08
			Неучтенные потери	844,32	7,0
			ИТОГО	12097,87	100

Таблица 2 – Тепловой баланс для ДСП

Приход	МДж	%	Расход	МДж	%
Теплота, вносимая с электроэнергией	11821,14	86.02	Теплота, израсходованная на нагрев, расплавление, перегрев металла и шлака	8440,1	55.9
Теплота экзотермических реакций	1491,18	11.63	Потери теплопроводностью через футеровку	1186,59	18,5
Теплота от окисления графитовых электродов	201,5	2,35	Тепловые потери		
			с излучением	410,73	0.9
			охлаждающей водой	315,0	2.45
			печными газами	1043,0	7.35
			Теплота, аккумулированная кладкой	618,1	6.3
			Потери вследствие неполноты трансформации электроэнергии	1500,3	8.6
ИТОГО	13513,82	100	ИТОГО	13513,82	100

Расчеты показали, что удельный расход электроэнергии для рассматриваемых печей находится практически на одном уровне. Так, для индукционной печи он составил 542 кВт·ч/т стали, для дуговой сталеплавильной печи этот показатель составляет 550 кВт·ч/т стали.

Вместе с тем следует отметить, что расчет производился по инженерной методике. Для получения более достоверных результатов следует учитывать ряд технологических и конструктивных параметров.

Список использованных источников

1. Производство стали в электропечах/Металлургический портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: metalspace.ru/education-career – Дата доступа: 10.11.2018.

Тяжёлая магнийсодержащая лигатура для сфероидизирующей обработки высокопрочного чугуна

Студент гр. 10405115 Шевчук В.Ю., гр. 10405418 Данилова А.И.
Научные руководители – Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В практике чугунолитейного производства всё большее применение находят качественно новые сплавы с изменённым состоянием высокоуглеродистых фаз и фаз металлической основы. К числу таких сплавов относятся и высококачественные чугуны с различной формой графитных включений, изменяющейся от пластинчатой в сером чугуне (СЧ) до шаровидной в высокопрочных чугунах (ЧШГ).

В настоящее время уровень развития способов получения этих сплавов очень низкий, и основная причина состоит в том, что подавляющее большинство чугунолитейных цехов оснащено вагранками, которые работают на холодном дутье. Поэтому инициаторами внедрения высокопрочных чугунов в машиностроение должны стать заводы, имеющие в своих литейных цехах электрические плавильные агрегаты.

В практике литейного производства широко используются различные способы получения ЧШГ. Это ковшевая обработка расплава металлическим магнием, различными магнийсодержащими лигатурами.

Основными технологическими операциями, обеспечивающими стабильное получение высокопрочного чугуна являются:

1. Процесс десульфурации, позволяющий за счет обработки исходного расплава специальными реагентами снизить концентрацию серы.
 2. Сфероидизирующая обработка – за счет введения в жидкий расплав магнийсодержащих модификаторов для формирования в структуре шаровидного графита.
 3. Вторичное графитизирующее модифицирование для получения отливок без отбела.
- Наряду с чистым магнием в практике производства ЧШГ используются различные лигатуры. По удельному весу различают тяжелые и легкие лигатуры [1].

Применение прогрессивных процессов плавки, а также рафинированных шихтовых материалов обеспечивает достаточно низкую концентрацию серы, что позволяет исключить процесс десульфурации. Основная технологическая операция по сфероидизации графита осуществляется различными методами с применением присадок, содержащих в своем составе магний.

Известно, что в чугунах с шаровидной и пластинчатой формой графита механизмы роста графито-аустенитной эвтектики существенно различаются. Если при кристаллизации серого чугуна пластинчатый графит является ведущей фазой и находится в постоянном контакте с расплавом, то при сферолитной кристаллизации включения графита окружены аустенитной оболочкой, что существенно тормозит их рост. Поэтому чугун с шаровидным графитом гораздо сильнее склонен к переохлаждению, приводящему к образованию цементита.

Согласно ГОСТ 7293-85 [2] средние значения углерода и кремния всех марок чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ) близки и относятся к околоэвтектическим составам. Ориентация на высокий углеродный эквивалент связана с необходимостью обеспечения в отливках максимально низкой усадки и снижения склонности чугуна к отбелу. Поэтому вторичное модифицирование ЧШГ, позволяющее графитизировать сплав и исключить появление в литой структуре включений цемента, является неотъемлемой частью внепечной обработки жидких чугунов.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что подавляющее количество отливок из легированных сплавов производится лигатурным способом [3]. Например, растворение магния в другом металле или сплаве позволяет получать модификаторы (лигатуры) более

полно усваиваемые жидким чугуном. При лигатурном процессе значительно увеличивается коэффициент усвоения магния, что, в свою очередь, существенно стабилизирует процесс образования шаровидного графита. Компоненты, входящие в состав лигатур по функциональному назначению можно разделить на сфероидизаторы и дополнительные рафинирующие, регуляторы интенсивности протекания модифицирующей реакции, графитизаторы, легирующие и наполнители. Основное требование к наполнителям – это высокая растворимость в них основного элемента сфероидизатора. Чаще всего в качестве такого наполнителя используют сплавы железа с кремнием (легкие лигатуры) или никель, медь либо их сочетание (тяжелые лигатуры) [4].

Применение «тяжелых» магнийсодержащие лигатур позволяет не только сфероидизировать графит, но и получать перлитную металлическую матрицу, обеспечивающую высокий уровень эксплуатационных свойств.

Целью работы является повышение эффективности лигатур для внепечной обработки высокопрочного чугуна.

В основу технологии положен принцип механической воздействия, включающий прокатку порошкообразной смеси тяжелых металлов и магния в пластины различной толщины. При этом в составе смесей могут использоваться активные элементы, играющие роль графитизирующей присадки. Отличительной особенностью технологии от существующих аналогов является возможность формирования пластин лигатуры без использования специальной оболочки. Это позволяет существенно упростить процесс изготовления лигатуры и повысить эффективность ее растворения жидким чугуном при ковшевой обработке ЧШГ. Для этого были подобраны составы смесей на основе порошка меди и магния. Исходные компоненты лигатуры смешивались на специальной установке с использованием стальных шаров различного диаметра с последующим механическим воздействием в виде прокатки на горизонтальных валках. На рисунке 1 представлен общий вид лигатуры после прокатки.



Рисунок 1 – Магнийсодержащая лигатура

На следующем этапе проводились лабораторные испытания лигатуры при получении ЧШГ. В качестве основных шихтовых материалов использовали рафинированный доменный передельный чугун и стальной лом, что обеспечило получение в исходном расплаве минимальную концентрацию серы. Для сфероидизирующей обработки чугуна использовали лигатуры в виде пластин толщиной 2 мм в количестве 1,0 % от массы жидкого чугуна. Расчетное количество лигатуры вводили в предварительно подогретых ковш перед выпуском жидкого чугуна. После завершения сфероидизирующей обработки жидкий чугун разливали по литейным формам. Из полученных заготовок изготавливались образцы для изучения химического состава, механических свойств и микроструктуры.

Металлографический анализ показал, что такая величина добавки лигатуры обеспечивает получение перлитной металлической матрицы, в которой графит приобрел исключительно шаровидную форму. По механическим свойствам, полученный сплав соответствует марке ВЧ60.

Список использованных источников

1. Кирсанов, Б.А. Быстроохлажденный, гранулированный модификатор для получения высокопрочного чугуна / Б.А. Кирсанов, Слущкий А.Г. // Новые материалы и технологии их обработки: материалы X Респ. студ. научн.-техн. конф., Минск, 28 – 30 апреля 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : ред. кол.: Н.И. Иваницкий [и др.]. – Минск, 2009. – С.13 – 16.

2. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки: ГОСТ 7293-85. – Введен 01.01.1987. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1985. – 6 с.

3. Леках, С.Н. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении / С.Н. Леках, Н.И. Бестужев – Мн.: Наука и техника. – 1992. – 269 с.

4. Бурман, П.Н. Состояние и тенденции выпуска отливок за рубежом / П.Н. Бурман // Литейное производство. – 1992. – №11. – С. 33 – 36.

Анализ способов получения и перспективы применения металлической фибры для армирования бетона

Студенты: гр. 10405418 Данилова А.И., гр. 11202115 Головатая Е.В.
Научные руководители – Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Расширение областей и объемов применения бетона и железобетона в строительстве, ужесточение условий эксплуатации конструкций из него, требует постоянного совершенствования его прочности, трещиностойкости, сопротивления ударным и динамическим воздействиям, абразивному износу и т.д. Серьезное улучшение прочностных свойств и эксплуатационной надежности железобетонных конструкций при использовании традиционных технологий их строительства и ремонта представляется весьма проблематичным. В настоящее время наряду с использованием традиционного железобетона, все большее применение находят конструкции с модифицированным бетоном за счет введения различных добавок, в том числе фибр, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики материала конструкции. Фибра позволяет сделать материал более прочным, скрепляя внутреннюю структуру своими волокнами.

Введение фибр в бетон и их дисперсное расположение в объеме материала позволило сформулировать понятие композиционного материала на основе бетонной (цементной) матрицы. Одним из наиболее перспективных вариантов улучшения качества материалов, является их дополнение новыми связующими компонентами, например крепкими волокнами, которые делают исходный материал прочнее.

Армированный фибрами бетон в несколько раз превосходит качественные характеристики обычного бетона. Однако недостаточная изученность стойкости волокон в цементной матрице бетона ограничивает области и применения фибробетона в строительстве, несмотря на то, что использование неметаллических волокон исключает ряд проблем, связанных с коррозией стальных фибр. Спектр областей применения фибробетона очень широк. И каждая из этих областей предъявляет к фибробетонным конструкциям свои специфические требования, как по механическим, так и по реологическим свойствам [1].

Применение сталефибробетона в ряде случаев дает возможность исключить из конструкций часть, а иногда и полностью отказаться от традиционной стержневой арматуры и заменить ее фибровой.

Эффективность применения сталефибробетонных конструкций в этих случаях может быть достигнута за счет снижения трудозатрат на арматурные работы, сокращения расхода стали и бетона (за счет уменьшения толщины конструкции), совмещения технологических операций приготовления бетонной смеси и ее армирования, что, в конечном итоге, приводит к снижению трудоемкости изготовления конструкций на 25–27 % и экономии строительных материалов на 1 м³ готового изделия. Кроме того, эффективность использования сталефибробетона может выражаться в увеличении долговечности конструкций и снижении затрат на текущий ремонт.

Опережающие темпы роста использования высокопрочных бетонов не обеспечивают растущие требования по прочности, долговечности, технологичности бетонов, особенно при строительстве особо ответственных зданий и сооружений.

К таким строительным конструкциям можно отнести сваи, дорожные, тротуарные и аэродромные плиты, ограждения лоджий и балконов, банковских хранилищ и т.д. Высокие потребительские свойства литой стальной фибры обеспечат ей конкурентоспособность не только на внутреннем, но и на внешнем рынках.

Стальная фибра является самым прочным и востребованным материалом для улучшения качества бетона. Она открывает большие возможности в строительстве – обеспечивает прочные конструкции высокого качества, которые не портятся под внешними воздействиями. Сталефибробетон имеет специфические свойства, которые позволяют превзойти обычный бетон, и в мировом производстве занимает немалую долю (12–16%) в суммарном объеме используемого бетона. Металлическая фибра, в отличие от полипропиленовой и стеклянной, улучшает механические характеристики бетона после набора им прочности, т.е. выполняет силовые функции. В качестве металлической фибры используются отрезки стальной проволоки, толщиной 0,1–0,5 мм и длиной от 1 до 5 см (рисунок 1).



Рисунок 1 – Стальная фибра

Сталефибробетон имеет повышенную прочность на разрыв, практически не дает усадки и трещин в процессе эксплуатации. Для получения высокопрочных сталефибробетонов необходимо выполнить ряд условий: волокна должны иметь одинаковые свойства и типоразмеры, иметь хорошее сцепление с раствором и бетоном, равномерно распределяться в бетонной матрице, а их материал должен препятствовать образованию и развитию коррозии и химическому взаимодействию с материалом матрицы.

Для повышения прочности сцепления фибры с бетоном желательно, чтобы она имела периодический профиль, загнутые концы или волнистое очертание. Армирование бетона металлической фиброй способствует увеличению его прочностных характеристик: предел прочности при растяжении, сжатии и изгибе увеличивается, повышается ударная прочность [2]. Значительно повышается деформативность, долговечность, износостойкость, морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость, надежность и коррозионностойкость бетонных конструкций. Повышение физико-механических свойств сталефибробетона позволяет снизить массу бетонных конструкций.

Сталефибробетон обладает набором специфических свойств, существенно превосходящих свойства обычного бетона и в мировой практике занимает значительную долю (12–15%) в общем объеме используемого бетона, для чего налажено серийное производство стальных фибр порядка 350–400 тысяч тонн в год. Мировая практика строительства выявила фибробетон, как один из перспективных строительных материалов XXI века. Свойства сталефибробетона в сравнении с обычным бетоном имеют существенные преимущества:

- повышение прочности при сжатии до 25%;
- повышение прочности на растяжение при изгибе до 250%;
- повышение прочности при осевом растяжении до 60–80%;
- повышение сопротивления удару до 10–12 раз;
- повышение модуля упругости до 20%;
- повышение долговечности конструкций и увеличение межремонтного цикла при их эксплуатации в 1,8...2,0 раза;
- повышается морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление знакопеременным температурам, сопротивление абразивному износу и др.;
- фибровое армирование придает бетонной матрице пластический характер разрушения и повышенную трещиностойкость.

Целесообразность применения стальной фибры заключается в следующем:

– бетон, армированный фиброй, по свойствам аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, но армирование фиброй получается дешевле, чем укладка двойной арматуры;

– применение фибрового армирования дает возможность усилить углы конструкций и регулировать толщину элемента;

– фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру.

Следует отметить, что стальную фибру надо рассматривать как разновидность арматуры. Поэтому, как и в случае стержневой арматуры, подбор марки стали для фибры должен зависеть от назначения и условий использования сталефибробетона.

Выпускаемая в мире стальная фибра различается как по способу своего изготовления и исходному материалу, так и по форме фибры и областям ее применения.

По способу своего изготовления и исходному материалу стальную фибру можно разделить на фибру, полученную путем формовки и резки тонкой проволоки и как ее разновидность – полученную рубкой снятых с эксплуатации канатов, рубки тонкого листа, фрезерования слябов, вытяжки из расплава.

Сталефибробетон используют при возведении каркасов зданий и строительстве монолитных бетонных сооружений. Фибробетон со стальными волокнами также применяется при устройстве водоотводных каналов и шахт канализационных колодцев, водоочистных резервуаров и плотин. Пол из фибробетона, имеющего в своем составе стальную проволоку, способен выдерживать значительные нагрузки, что с успехом применяется при возведении промышленных и сельскохозяйственных зданий.

Сталефибробетон выгодно использовать в сухом и влажном торкретбетоне (методом набрызга), для укрепления сводов, склонов горных автодорог, восстановления и усиления старых бетонных колонн, прогонов и других несущих конструкций, отделки тоннелей. Эффективно применение сталефибробетона для монолитных конструкций и сооружений – аэродромных покрытий, пролетных конструкций мостов, и пролетных перекрытий зданий, ирригационных каналов, взрыво- и взломоустойчивых и оборонных сооружений, а также для конструкций верхних строений железнодорожного пути.

Зарубежный опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия, убедительно доказал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях [3].

Изготовлением стальной фибры заняты, как правило, мощные производители обычной стержневой и проволочной арматуры или металлоизделий. Наиболее ярким примером в этом плане является Япония, где 7 крупных фирм выпускают стальную фибру, рубленную из листа или проволоки, фрезерованную из сляба, вытянутую из расплава.

Стальная литая фибра производится непосредственно из расплава металла, причем экспериментально установлена возможность получения стальной фибры способом, отличным от существующего – экструдирования из расплава, и имеющим ряд неоспоримых преимуществ.

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.) [4].

Самым эффективным является электродуговой способ получения фибры, 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.

Из зарубежного опыта следует особо выделить применение фибробетонов в дорожном и тоннельном строительстве, строительстве морских платформ и плотин, а также в устройстве полов промышленных зданий, терминалов, и т.п. Достаточно сказать, что сейчас в Германии более 25% всех промышленных полов выполняется из сталефибробетона. Считается целесообразным применение сталефибробетона в каркасных конструкциях зданий, особенно при возможных сейсмических воздействиях.

В настоящее время в отечественной практике в опытном порядке внедрены такие сталефибробетонные конструкции, как сваи, дорожные, тротуарные и аэродромные плиты, ребристые и складчатые плиты покрытий, кольца округлых смотровых колодцев, трубы, лотки, плиты пола и несъемной опалубки, ограждения лоджий и балконов, банковские хранилища.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что разработка и производство фибробетонов значительно улучшают целый комплекс показателей строительных конструкций. Применение того или иного вида фибры зависит от назначения и характера эксплуатации конструкции. Существующие методы расчета недостаточно учитывают особенности работы фибробетонных конструкций при различных воздействиях.

Список использованных источников

1 Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов / Ф.Н. Рабинович. – М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 559 с.

2 Талантова, К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона : автореф. дис. док. тех. наук : 05.23.01 / Талантова Клара Васильевна ; Новосибирск, 2010. – 30 с.

3 Al Khalaf, M.N. Effects of Fibre Surface Composition on Mechanical Properties of Steel Fibre Surface Reinforced Mortars / M. N. Al Khalaf, C. L. Page, A. G. B. Ritchie // Cement and Concrete Research. 1980. – Vol. 10. – P. 71 – 77.

4 Кулинич, И.Л. Перспективы получения и использования литой стальной фибры для армирования бетонных конструкций / И.Л. Кулинич, А.В. Журневич, В.А. Шейнерт // Новые материалы и технологии их обработки: материалы XVII Респ. студ. научн.-техн. конф., Минск, 20–22 апреля 2016 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : ред. кол. : И.А Иванов [и др.]. – Минск, 2016. – С. 32 – 34.

Способы повышения эффективности работы дуговых сталеплавильных печей

Студенты группы 10405526 Данилов А.А, Чаюков В.О.
Научный руководитель Корнеев С.В.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Мировое производство стали имеет устойчивую динамику, в 2017 г. объем выплавляемой стали составил 1,691 млрд. тонн. При этом на долю электросталеплавильного производства приходится 32–34% всей выплавляемой стали. Конструкции дуговых сталеплавильных печей (ДСП) постоянно совершенствуются. В настоящее время на вводимых и реконструируемых печах большой мощности используется так называемая технология высшего технического уровня, предусматривающая повышение производительности и снижение энергопотребления за счет использования альтернативных источников энергии, донного и эркерного выпуска стали, вспенивания шлака, плавки с жидким стартом и других технологических и конструктивных приемов.

Последним достижением в области традиционных ДСП, по данным компании «Siemens VAI», являются печи серии Ultimate, которые имеют следующие особенности:

- увеличенный объем рабочего пространства за счет увеличения высоты стен – загрузка печи одной корзиной;
- большая удельная мощность трансформатора – до 1,5 МВА/т;
- высокое вторичное напряжение – до 1500 В;
- большая доля химической энергии в приходной части теплового баланса печи – применение универсальных фурм-горелок, инжекторов порошкового углерода и фурм для дожигания отходящих газов в рабочем пространстве печи.

Достаточно широкое распространение получает использование подогрева металлошихты за счет теплоты уходящих газов. Повышение эффективности работы печи достигается также установкой топливно-кислородных горелок, что помогает быстрее расплавлять шихту, сократить расход электроэнергии и повысить КПД печи.

В настоящей работе выполнено сравнение потребления электроэнергии для традиционной 100-тонной ДСП и при использовании топливно-кислородных горелок (в количестве 9 штук) и подогреве лома. Для сравнения выполнены расчеты материального и теплового баланса, на основании чего была определена теплота, вносимая за счет преобразования электрической энергии. Так, для ДСП без использования подогрева металлошихты и топливно-кислородных горелок (ТКГ) количество теплоты, вносимой с электроэнергией, составило 144490 МДж, для ДСП, оснащенной ТКГ и при условии температуры загружаемой металлошихты 350°C, этот показатель составил 112517 МДж. В пересчете на удельный расход электроэнергии эти показатели соответственно составят 402 кВт·ч/т и 323 кВт·ч/т.

Список использованных источников

1. А.Г Белковский, Я.Л Кац, М.В Краснянский (ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ»): «Современное состояние и тенденции развития технологии производства стали в ДСП и их конструкции»

Повышение энергоэффективности работы металлургических печей

Студентка гр. 10405314 Крисеева Н.А.
Научный руководитель Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При повышении энергоэффективности работы металлургических печей в первую очередь рассматривается вопрос проведения энергетического обследования (энергоаудита) предприятий, на которых функционируют эти агрегаты. Это мероприятие предполагает оценку всех аспектов деятельности, которые связаны с затратами на топливо, энергию различных видов, воду и другие энергоносители.

Основными задачами проведения энергетического обследования являются: оценка эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и определение реального потенциала энергосбережения; выработка обоснованных предложений по переходу на прогрессивные нормы расхода топливно-энергетических ресурсов; определение возможных направлений экономии топливно-энергетических ресурсов; разработка энергосберегающих мероприятий; разработка энергетического паспорта объекта обследования и т.д. Сократить потребление энергоресурсов и сохранить контроль над достигнутой величиной наиболее эффективно возможно в условиях энергосервисного договора (между предприятием, эксплуатирующим печи, и лицом, проводившим энергоаудит). Предметом договора является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком. При этом мероприятия по повышению энергоэффективности в условиях действия энергосервисного договора должны быть интегрированы в общие мероприятия по модернизации, ремонтам и восстановлению печей предприятий. Целесообразно также привлечение к энергосервису производителей печей, конструкционных материалов и специального оборудования, в форме информационного взаимодействия или на договорной основе, например, для выполнения работ по модернизации и повышению энергоэффективности печей, для установки приборов учета потребления топлива, повышения квалификации и общего технического уровня инженерно-технического персонала предприятий (конференции, семинары, обучение работе с оборудованием). Технический уровень, качество и полнота услуг энергосервиса для таких сложных, многофакторных, энергоемких объектов, как промышленные печи являются основой для достижения целей повышения энергоэффективности. Для обеспечения энергоаудита в условиях энергосервисного договора можно выделить несколько основных направлений работы:

- сбор и обобщение информации;
- анализ существующих на предприятии технических и организационных решений в сравнении с современными и наиболее энергоэффективными технологиями, разработка и внедрение технологических и конструктивных мероприятий по повышению энергоэффективности;
- выявление мест потерь энергии, разработка технических решений и организационных мероприятий по устранению потерь;
- проведение мероприятий по повышению энергоэффективности печи (печей) в комплексе с общими мероприятиями по их ремонту и восстановлению, с мероприятиями по модернизации и повышению общего технологического уровня производства на предприятии;
- контроль над изменениями достигнутой величины потребления энергоресурсов;
- совершенствование системы учета энергоресурсов и норм потребления.

В качестве примера рассмотрим ведущее металлургическое предприятие РБ – белорусский металлургический завод. Потребление электроэнергии за 2017 г. составило 93,5% к уровню 2015 года. Согласно оперативным данным управления планирования экономического анализа (УПЭА) экономия себестоимости выпускаемой продукции за счет снижения

удельных расходов по электроэнергии достигла около 3,5 млн. долл. США. Значительные средства предприятие тратит на оплату электроэнергии, поэтому важной составляющей в ее снижении является управление нагрузкой по тарифным зонам суток. В 2016 г. это позволило получить экономию себестоимости выпускаемой продукции в 2,33 млн. долл. США. Наибольший вклад в энергосбережение за 2017 г. внесли основные потребители топливно-энергетических ресурсов — электросталеплавильные цехи (ЭСПЦ-1 и ЭСПЦ-2). Хорошие результаты получены также в энергетическом цехе: за счет работы когенерационной установки за 2016 г. было выработано собственной электроэнергии 20,744 млн. кВт·ч и получено 18 213 Гкал тепловой энергии. При этом экономический эффект составил 1 117, 706 млн. долл. США [1].

Результативность мероприятий по энергосбережению оценивается с учетом заключений энергоаудиторов. Необходимо отметить, что снижение энергопотребления с каждым годом дается все труднее. Строительство новых, современных печей, которые позволят вывести производство на новый технологический уровень, значительно сократить потребление энергоресурсов и повысить производительность труда, но требуются значительные капиталовложения и длительные сроки окупаемости, что для большинства предприятий в настоящее время – задача их развития на перспективу [2].

Список использованных источников:

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://www.metallurg.belsteel.com/content> - Дата доступа: 25.10.2018.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]
Режим доступа: http://scenef.com/services/energeservice_kontrakt/ - Дата доступа: 25.10.2018.

Сравнительный анализ Corex и доменного процессов получения чугуна

Студентка гр. 104144 Стефанович М. С.,
Студентка гр.10405317 Герасикова А.А.
Научный руководитель Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При анализе процессов получения чугуна с использованием традиционных и альтернативных способов одними из приоритетных факторов являются экономические и экологические показатели, а также качество получаемого чугуна.

В 1990 г. прогнозировалось, что доменный процесс будет активно вытесняться альтернативными способами получения чугуна (Корекс, Хисмелт и др.). Вместе с тем, анализ существующего положения показывает, что альтернативное производство чугуна, хотя и увеличилось, развивается, тем не менее, параллельно с доменным процессом в соотношении 1:100 для процессов Corex/Finex и в соотношении 1:10 для прямого восстановления (горячебрикетированное железо).

Вместе с тем, Corex – уникальная проверенная технология жидкофазного восстановления, которая наиболее освоена в промышленном аспекте. Экономичность процесса обусловлена возможностью использования широкого спектра коксующихся и некоксующихся углей и получением большого количества избыточного газа, который в свою очередь может быть использован как энергоноситель или в металлургических целях (например, комбинация процессов Corex и Midrex). Процесс позволяет использовать в качестве железорудных материалов кусковую руду, окатыши или агломерат [1, 2].

В установках Corex весь металлургический процесс протекает в отдельных реакторах – восстановительной шахте и плавильном газификаторе. Так как для технологии Corex нет необходимости производство кокса и агломерата, появляется возможность экономить до 20% расходов при производстве чугуна качества, аналогичном доменному производству. Выбросы установки Corex содержат лишь незначительные объемы фенолов, сульфидов, NO_x, SO₂, пыли и аммиака.

Себестоимость чугуна Corex находится между себестоимостью чугуна, выплавляемого на печах малого и большого объема, т.е. она меньше, чем на доменных печах малого объема и больше, чем на доменных печах большого объема.

В докладе предприняты попытки сравнения эффективности доменного процесса и одного из альтернативных процессов (Corex-процесса) с учетом экономического положения в настоящее время. При этом учитывали, что в процессе Корекс возможно использование отходов металлургического производства, в качестве топлива – добавок низкокачественных углей.

В конкретном случае рассмотрен сравнительный анализ производства чугуна с точки зрения срока окупаемости при строительстве установки Корекс и традиционной доменной печи. Годовую производительность приняли 400 000 т чугуна. При расчете учитывали:

- затраты на сырьевые и топливно-энергетические ресурсы (для доменного процесса – агломерат, кокс, пылеугольное топливо, природный газ; для Корекс-процесса – железорудный концентрат, окалина, стружка, каменный уголь с добавкой 10% бурых углей);
- затраты на выплату заработной платы, а также отчисления (фонд социальной защиты, страхование от несчастных случаев, пенсионный фонд, подоходный налог);
- амортизационные отчисления с учетом стоимости инвестиций;
- себестоимость продукции;
- валовая и чистая прибыль и т.д.

Результаты расчета показали, что в данном случае простой срок окупаемости составил для доменной печи 6,7 лет, для Корекс-процесса – 5,5 лет.

Поскольку уходящие газы при производстве чугуна обладают достаточно существенным энергетическим потенциалом, выполнена оценка использования газов для возможной выработки электроэнергии. Выход колошникового газа в процессе Корекс составляет 2000 м³/т чугуна, теплота сгорания – 6,2 МДж/м³, для доменной печи соответственно 2100 м³/т чугуна, теплота сгорания – 3,8 МДж/м³. С учетом КПД тепловой электростанции, равным 0,35, определена возможность получения электроэнергии в Корекс-процессе на уровне 1 370 млн. кВт·ч, для доменного процесса – 310 млн. кВт·ч.

Таким образом, расчеты показали экономические преимущества Корекс-процесса в сравнении с традиционным доменным процессом получения чугуна.

Список использованных источников

1. Информационно-тематический портал [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mashmex.ru>. - Дата доступа: 23.10.2018.
2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.primetals.com/ru/portfolio/chugun-i-pvzh/corex/>- Дата доступа: 25.10.2018.

Сравнительный анализ использования топлива при выплавке чугуна в вагранках

Студенты гр.10405527 Белов М.Д., Хоронко И.А.

Научный руководитель Трусова И.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

На машиностроительных предприятиях широко используется процесс плавки чугуна в вагранках. В качестве топлива для этих печей применяют преимущественно кокс. В коксе имеется вредная примесь – сера, которая при плавке частично переходит в металл, ухудшая его качество. Кроме того, кокс – непрочный материал, и часть его в шахте вагранки разрушается, образуя уходящую с продуктами горения пыль. В ваграночных газах кроме пыли содержатся угарный газ и вредные соединения серы, ухудшающие при поступлении в атмосферу экологическую среду. Поэтому многократно делались попытки заменить ваграночный кокс используемым для отопления металлургических печей газообразным топливом [1].

В результате систематизированных исследований с применением моделирования созданы новые газовые вагранки различных конструкций:

1. Вагранки с уступами в шахте.
2. Вагранки с перемычками в шахте.
3. Вагранки с выносной камерой перегрева

В настоящее время приоритетными задачами в промышленности являются экономия ресурсов и снижение количества вредных выбросов. В металлургическом производстве сырье составляет более половины себестоимости продукции, при этом в производстве чугуна одним из основных компонентов является дорогостоящий каменноугольный кокс, на который может приходиться до 50% себестоимости, поэтому уменьшение расхода этого топлива один из путей по увеличению прибыли. Известно, что ваграночный способ представлен тремя видами процессов: коксовым, коксогазовым и газовым [2].

Для сравнительной оценки энергозатрат выполнены расчеты вагранок (материальный и тепловой балансы) двух типов: коксовой и газовой на примере выплавки чугуна СЧ40. Результаты расчетов приведены в табл.1,2.

Таблица 1 - Тепловой баланс для коксовой вагранки

Приход			Расход		
Наименование	кДж	%	Наименование	кДж	%
Теплота горения кокса	394861,6	90	Теплота на расплавление и нагрев металла	126158,8	29
Теплота подогретого воздуха	21326,74	5	Теплота на нагрев шлака	15851,42	3
Теплота окисления примесей	17651,46	4	Теплота на разложение известняка	7938	2
Теплота шлакообразования	673,38	1	Теплота на испарение влаги	9592	2
			Теплота на нагрев колошниковых газов	77386,05	18
			Неполнота горения	107023,8	25
			Потери тепла с охлаждающей водой	90542,91	21
Итого	434513,2	100	итого	434493	100

Таблица 2 - Тепловой баланс для газовой вагранки

Приход			Расход		
Наименование	кДж	%	Наименование	кДж	%
Теплота горения газа	314490,8	76,8	На расплавление и перегрев металла	126158,8	30,8
Теплота подогретого воздуха	76766,42	18,7	На нагрев шлака	4840,794	1,2
Теплота окисления примесей	17651,47	4,3	На разложение извести	5832	1,4
Теплота шлакообразования	673,638	0,2	На нагрев ваграночных газов	86518,99	21,1
			Потери с охлаждающей водой	186231,7	45,5
Итого	409582,3	100		409582,3	100

Расчеты показали, что обе установки имеют примерно равный КПД, но в газовой вагранке расход условного топлива составляет 105 кг у.т на тонну металла, в то время как у коксовой вагранки этот показатель равен 143 кг у.т на тонну. Учитывая стоимость энергоносителей на сегодняшний день, определены расходы на топливо (на 1 тонну чугуна): для коксовой вагранки – 143 руб. (BYN), для газовой – 49.5 руб. (BYN).

Таким образом, очевидны преимущества газовых вагранок как с экономической, так и с экологической точки зрения.

В настоящее время продолжают исследования в области совершенствования технологии и конструкций вагранок. Среди последних разработок можно отметить технологию ОХУ Сур, впервые реализованная в промышленном масштабе на заводе ThyssenKrupp Stahl в Дуйсбурге (Германия) [3]. Установку называют также кислородной вагранкой. В такой вагранке можно легко перерабатывать шихту с высоким содержанием цинка, составленную либо из текущих и накопленных отходов металлургического производства, либо из автомобильного лома.

Список использованных источников

1. Черный А.А. Газовые вагранки и энергосберегающие процессы плавки в них чугуна: Учеб. пособие. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2009. – 40 с.
2. Щербаков В.П. Основы доменного производства. – Москва: Металлургия, 1969. – 327 с.
3. Федосеев С.Н. Технология Оху Сур для экологически чистого производства черных металлов // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 27-28 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 162–167.

Вторичные материальные ресурсы в металлургии и их использование

Студентка гр. 10405314 Менчицкая Т.Н.
Научный руководитель Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В данной работе рассмотрены пути использования вторичных материальных ресурсов, в частности твердых (пыли, шламы, шлаки).

Одним из источников твердых вторичных материальных ресурсов является металлургический шлак. Ежегодно на предприятиях черной металлургии образуется около 70 млн. т металлургических шлаков, из которых используется только около 53%, остальное поступает в отвалы. При утилизации и возвращении в производство этих отходов становится возможным заменить около 10% добываемой товарной железной руды.

Наибольшее количество шлаков образуется в доменном производстве (0,6 – 0,8 т/т чугуна). Одним из способов переработки доменных шлаков является их гранулирование [1]. Гранулированные доменные шлаки являются хорошим материалом для дорожного строительства. При комбинировании их с менее прочными материалами, а также после обработки вязкими битумами, гранулированные доменные шлаки могут заменять горячие асфальтобетонные смеси. При этом шлаковые покрытия дорог в 2,5 раза дешевле асфальтобетонных. Многие виды доменных шлаков пригодны для производства цемента, шлакового щебня, шлаковой пемзы, и других изделий. Металлургические шлаки (доменные, электросталеплавильные, ферросплавные) образуются со значительным содержанием соединений фосфора и оксида кальция. Также металлургические шлаки содержат многие микроэлементы: бор, натрий, молибден, медь, цинк, магний, марганец, железо. Поэтому возможно их использование в качестве удобрений и агентов, улучшающих структуру почв. В этом случае технология переработки сводится к их дроблению и измельчению до частиц размером 2 мм с одновременной магнитной сепарацией.

На металлургическом комбинате с замкнутым циклом (чугун – сталь - прокат) твердые отходы могут быть в виде пыли. Часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам.

Среди многообразия способов переработки шламов можно отметить технологию, разработанную Институтом "Уралмеханобр" совместно с Карагандинским металлургическим комбинатом (утилизация железосодержащих шламов в аглопроизводстве.) [2]. Шламы аглофабрик, подбункерных помещений доменных печей, тракта шихтоподачи дробильно-сортировочной фабрики сгущают и обезвоживают (крупнозернистую фракцию на ленточных, тонкозернистую – на дисковых вакуум-фильтрах). Обезвоженные продукты объединяют и подают в шихтовое отделение аглофабрики.

В пылях доменного, конвертерного и электросталеплавильного производства присутствует содержание цинка, свинца и солей щелочных металлов, вредно влияющих на процесс получения чугуна [3]. Цинк вызывает образование настывлей в доменной печи, разрушение ее футеровки, ухудшает качество агломерата, изготовленного из сырья с большим содержанием цинка. При утилизации таких пылей присадкой их в агломерационную шихту происходит накопление цинка в получаемом агломерате. Известны два типа процессов извлечения цинка из исходного материала (окисленные цинковые руды, цинковые шлаки и кеки, пыли, шламы): пиро- и гидрометаллургический способы [4].

Сутью пирометаллургического процесса извлечения цинка (и свинца) является восстановительный обжиг сырья (в вращающихся печах). Восстановителем является кокс, а в последние годы энергетический уголь [5]. Также известен способ обесцинкования путем электроплавки окатышей, полученных из пыли, в дуговой электропечи [6].

Возможно проведение процесса обесцинкования в шахтной печи (способ

"Плазмадаст" Швеция) [5]. Шахтная печь выступает в качестве восстановительного агрегата. В нижней части печи располагаются плазматроны. В печь загружаются пыль и коксовая мелочь. В восстановительной атмосфере печи оксид цинка восстанавливается до чистого цинка, который, находясь в парообразном состоянии, вместе с отходящими газами поступает в конденсатор, где конденсируется до жидкого металла.

Список используемых источников

1. Панфилов, М.И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. – М.: Металлургия, 1987 - 238с.
2. В России внедрят новые технологии переработки металлургических шлаков [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://rg.ru/2013/11/08>.
3. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2012 – 196 с.
4. Снуриков А.П. Комплексное использование сырья в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1986. 1. Н.Л. Удальцова, Проблема качества переработки лома и отходов черных металлов/ Н.Л. Удальцова: Всероссийский заочный финансово-экономический институт ,2009.-238 с.
5. Утилизация-переработка металлургических шламов [Электронный ресурс]. -Режим доступа http://emchezgia.ru/ekologiya/14_Utilizatsiya_shlamov.php.
6. Черепанов К.А., Черныш Г.И., Динельт В.М., Сухорев Ю.И. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии. – М.: Металлургия, 1994

Основные направления интенсификации выплавки стали в дуговых электропечах на примере установки Consteel

Студент гр.10405314 Ярошевич П.В.
Научный руководитель Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основными перспективными направлениями совершенствования конструкций и технологий дуговых сталеплавильных печей (ДСП) в целом являются:

- изменение геометрических размеров рабочего пространства;
- непрерывная и полунепрерывная загрузка шихты;
- предварительный нагрев шихты уходящими из печи газами;
- увеличение массы «болота» и др.

Наиболее перспективной на сегодняшний день является система Consteel, в которой осуществляется непрерывная подача в ДСП предварительно подогретой шихты (тяжелого и легкого лома, чугуна, горячешкетированного железа) [1]. В настоящее время в мире функционирует более 40 таких установок (Япония, Италия, Бразилия, Китай, Южная Корея и другие страны).

При непрерывной загрузке шихты во время плавки свод ЭДП всегда закрыт, отходящие газы из рабочего пространства постоянно отводятся в систему первичного газохода. Нет необходимости отсоса неорганизованных потоков газа в колпак над печью во вторичный газоход, в результате чего обеспечиваются:

- снижение нагрузки на газоочистку, сокращение расхода первичных газов на 20 – 30 % и постоянного расхода вторичных газов на 50 % по сравнению с аналогичной ДСП;
- сокращение объема пыли в выбросах на 30 – 40 % при одновременном снижении уровня шума во время расплавления;
- сокращение выбросов CO₂ в эквивалентных тоннах на 10 – 30 % и др.

Для предварительного нагрева лома используют туннельную печь противоточного типа для нагрева шихты за счет теплоты уходящих газов. Вместе с тем, это преимущество пока реализовано лишь на 30 % и является одним из главных направлений дальнейшего совершенствования процесса [1–3].

Болото в ДСП поддерживается на таком уровне, чтобы лом полностью погружался в него, что обеспечивает конвективный (более эффективный) способ передачи энергии по сравнению с теплообменом излучением. Приведенные в технической литературе опытные данные показали, что оптимальное количество «болота» должно находиться для процесса Consteel в пределах от 55 до 65%.

Основные расходные показатели при выплавке стали в установке Consteel по зарубежным данным (на 1 т стали на выпуске): кислород – 20 – 40 м³; углерод – 5 – 25 кг; электроды – 1,0 – 1,5 кг. Продолжительность работы под током составляет от 90 до 95 % (отключение только при выпуске), а коэффициент использования оборудования составляет до 98 – 99 % [4].

За последние годы появилось несколько эффективных модификаций как традиционной системы Consteel, так и ее комбинаций с другими системами производства стали. Например, фирмой Tenova (Италия) создано новое поколение систем Consteel Evolution. При этом предполагается разделение туннельной печи для подогрева шихты на две зоны. В первой зоне, расположенной выше установки для вытяжки газов, размещены горелки, а во второй, связанной с печью трубопроводом отходящего газа, протекают реакции его дожигания [2,3].

Процесс Consteel дает возможность использовать жидкий чугун и горячие шихтовые материалы для плавки стали в ЭДП без осложнений, типичных для обычной технологии

электроплавки. При этом расход электроэнергии снижен до 250 кВт·ч/т. Количество жидкого чугуна может составлять до 50 % [5].

В зарубежной практике дальнейшим развитием процесса выплавки электростали с непрерывной загрузкой жидких и горячих шихтовых материалов является технология Faststeel, которая представляет собой комбинацию процессов Consteel и Fastmelt. Процесс Fastmelt – это процесс прямого восстановления железа во вращающейся печи (разработка компании Kobe Steel/Midrex), объединенный с процессом получения чугуна из металлического сырья в электропечи (разработка компании Techint). Сырьем для процесса Fastmelt служат уголь и железосодержащие материалы, конечный продукт – горячий металл, который можно заливать в конвертер или ЭДП.

Список использованных источников

1. Маркоцци М., Гацзон М. Совершенствование предварительного нагрева и важность работы электродуговых печей большой емкости с жидким остатком/МРТ (русское издание). 2011, № 2. – С.8 – 20.
2. Argenta P., Ferri M. В. Результаты и перспективы метода загрузки горячего металла в ЭДП. Путь к замене кислородного конвертора ЭДП. – М.: ОАО «Черметинформация», 2003, С. 256 – 261.
3. Арджента П., Ферри М.Б. Выплавка электростали с непрерывной загрузкой горячей шихты // Электromеталлургия. 2003, № 5. – С.27 – 33.
4. Смоляренко В.Д., Черняховский Б.П. Гибкий процесс производства электростали по методу Consteel на заводе Ори Мартин // Электromеталлургия. 2004, № 3. – С. 40.
5. Роменец В.А. Процесс Ромелт. – М: Изд-во «МИСиС», 2005. – 400 с.

Сырьевая база вторичного никеля

Студент гр. МЦМм-17 Евтушенко Н.Ю.
Научный руководитель Корицкий Г.Г.
Донецкий национальный технический университет
г. Донецк

1. Сырьевая база и добыча никельсодержащих руд в России и СНГ

1.1 Месторождения никеля в России, их местоположение и запасы. На территории СНГ запасы никеля сосредоточены в 88 месторождениях, которые расположены в России, Казахстане и на Украине. По оценке «Инфолайн», руды этих месторождений содержат около 20 млн.т никеля. При этом на долю России приходится около 93 % никеля, Казахстана - 5 % и Украины - 2 %.

Основной объем запасов никеля СНГ (как и России) приходится на сульфидные медно-никелевые руды (около 80%). Сульфидные медноникелевые руды в СНГ расположены в Красноярском крае (Норильская группа месторождений) и в Мурманской области (Печенгская группа месторождений). Силикатные никелевые руды сосредоточены в Уральском регионе (Свердловская, Челябинская и Оренбургская области), в Казахстане и на Украине.

1.1.1 Сульфидные медно-никелевые месторождения России Крупнейшими по запасам никеля в России являются медно-никелевые месторождения Норильской группы, расположенные на Таймырском полуострове, вблизи г. Норильска. В этих месторождениях сосредоточено около 70% запасов никеля в России. Руды являются комплексными, помимо никеля они содержат в промышленных масштабах медь, кобальт, платиноиды, золото, серебро. Эти месторождения являются сырьевой базой Заполярного филиала (ЗФ) ГМК «Норильский никель». При этом месторождение Норильск-1 представляет собой, главным образом, вкрапленные медно-никелевые руды с содержанием никеля 0,35%. Запасы никеля месторождения Норильск-1 составляют, по оценке экспертов, более 600 тыс.т. Месторождения Талнахское и Октябрьское входят в состав Талнахского рудного узла. При этом суммарные запасы, по данным проведенного аудита компании Micon, составляют 1418 тыс.т руды, доказанные и подтвержденные запасы - 238 млн.т. При этом содержание никеля в суммарных запасах составляет 0,57%, в доказанных и подтвержденных – 2,08%. Наибольшие доказанные и подтвержденные запасы никеля России сосредоточены в Октябрьском месторождении - они составляют около 3,6 млн.т. Среднее содержание никеля в доказанных и подтвержденных запасах составляет около 2%. Запасы никеля в рудах Печенгской группы месторождений существенно ниже Норильских месторождений. Наиболее крупным по запасам никеля из месторождений Печенгской группы является Ждановское. По оценке, ее суммарные запасы составляют более 2,5 млн.т никеля при среднем содержании никеля 0,6% (доказанные запасы, по данным Micon, составляют 1,3 млн.т никеля при его содержании 0,75%).

2. Сырьевая базы вторичного никеля

Условно, лом отходы никеля можно распределить по физическому состоянию на несколько базовых категорий: кусковой лом, стружка и прочее вторсырье, например, катодные крючки с наростом слоя этого металла. В зависимости от содержания Ni, каждая из них разбивается на несколько подгрупп:

- Лом из чистого металла;
- Шлаковые отходы. Характеризуются содержанием Ni до 85 %;
- Сдаваемые на металлолом сплавы, где никель один из основных компонентов. Это широко известный нихром, в котором концентрация Ni составляет 55...78%, а также малознакомые большинству пермаллой (до 76 %), константан, нейзильбер и прочие;
- Вторичные сплавы, легированные никелем. Лом нержавеющей стали и отходы этого вида, как правило, различные марки сталей с небольшим его содержанием. Долевая концентрация элемента Ni в жаропрочных и нержавеющей материалах достигает до 20%, тогда как у низколегированных сталей эта величина не превышает 5 %;

- Никельсодержащий шлам, представляющий гальванические и металлургические виды отходов.

Все перечисленное вторсырье, активно скупается пунктами приемки. Стандартно, цена за кг лома никеля определяется процентным содержанием последнего в металлических отходах.

Также к лому никеля будут относиться:

- никелевые катализаторы;
- гидрат закиси никеля ($\text{Ni}(\text{OH})_2$);
- агломераты и концентраты никелевые и т.п.;
- аккумуляторы ТНЖ;
- Отходы, содержащие Ni, как чистый металл.

Существенный сегмент подобных вторичных металлов составляют отработанные никелевые аноды и катоды, которые легко детектируются невооруженным глазом, при наличии определенного опыта. Они обладают светло-серым цветом, отработанные элементы обычно покрыты зеленоватым налетом. При накаливании, никелевые электроды приобретают желтый оттенок, также они характеризуются короткой красной искрой, магнитятся. Поверхность никелевых катодов пупырчатая, тогда как анодов – гладкая.

Следующий распространенный источник поступлений металла на пункты приемки — гранулированный никель, ломом или отходами его назвать сложно, но можно сдать его по высокой цене. Исключение составляют ферроникелевые гранулы. Они, как и гранулированные марки металла Н0 – Н4, используются для легирования сталей, однако имеют более низкую приемочную стоимость, поскольку это не чистый Ni, а его сплав с железом. Гранулированный ферроникель можно отличить по цвету: металл характеризуется матово-серым оттенком. Напротив, гранулам никеля присущ металлический блеск.

Еще две группы составляют стружка и проволока. Второй компонент, как лом Ni, обнаружить значительно проще. Из никелевой проволоки изготовлены термодары, электроды для гальванопластики, а также сетка, используемая при катализе.

Наиболее популярные, на пунктах приема лома никеля, марки стали:

1. Б19, содержание Ni составляет 13 – 15%.
2. Б26, требуемая химия для приемки – 9.3%.
3. Б28, включает до 19%.
4. Б55, диапазон никелевых включений колеблется от 12 до 17%.

Ряд других марок стали, также характеризуются присутствием легирующей добавки элемента Ni, однако с небольшим содержанием этого металла, не превышающим 8%. Впрочем, это не снижает их востребованности, как лома никельсодержащих сплавов.

Вывод

Следует помнить, что вторичный никель может находиться в широком ряде изделий, от промышленных деталей до бытовых и художественных предметов. Это могут быть сломанные медицинские инструменты, бижутерия и даже никелированные кастрюли.

Отдельный раздел лома, отходов никеля можно отнести под аккумуляторы. Даже вытесненные Ni-Cd накопители электрической энергией, были заменены металлом гибридными перезаряжаемыми батарейками. Они также содержат никель, который если внимательно осмотреться встречается практически во всех сферах деятельности человека. Необходимо только знать это и найти пункт приема, проводящий оценку отходов на базе специализированных приборов.

Основой экономики металлургии чугуна является снижение расхода твердого топлива – кокса. Последние 50 лет расход кокса на современных доменных печах снизился практически вдвое. В настоящее время с применением пылеугольного топлива (ПУТ) выплавляется около 1 млрд. т чугуна в год более чем в 30 странах мира.

Обобщение опыта применения ПУТ за рубежом дает основание считать, что для достижения высокой эффективности плавки с высоким расходом ПУТ (150-250 кг/т чугуна) с заменой 30-50 % кокса необходимыми компенсирующими мероприятиями являются: температура дутья ≥ 1150 °С; содержание кислорода в дутье ≥ 25 %; кокс с горячей прочностью $CSR \geq 65$ % и реакционной способностью $CRI \leq 25$ %; расход флюса в шихту 0-20 кг/т чугуна; выход шлака, кг/т чугуна менее 350 кг/т чугуна; давление газа на колошнике $\geq 1,5$ ати; расход коксового орешка в смеси с железорудной шихтой 20-120 кг/т; теханализ ПУТ, %: $A^c \leq 8$; $S \leq 0,8$; зольность и сернистость ПУТ должны быть ниже, чем в используемом коксе; комплекс современного оборудования и приборов по контролю за технологией плавки с применением ПУТ: термометры, пирометры для замера температуры чугуна, уравнимеры и профилемеры, термозонды для замера температуры колошниковых газов, аппаратура для контроля фракционного состава ПУТ и др.

В Украине первый ПУТ – комплекс введен в эксплуатацию в 1980 г. на Донецком металлургическом заводе. Затем последовали: ПАО «АМК» -2009г., ПАО «МК «Запорожсталь» - 2010г., ПАО «ММК им. Ильича» - 2012г., ПАО «Днепропетровский МК им. Дзержинского» – 2014г., ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» - 2015г.

Для реализации ПУТ-технологии в 2016 г на Енакиевском металлургическом заводе (ЕМЗ) фирмой Kuttner построена современная ПУТ-установка. Для производства ПУТ поставляется кузнецкий слабо-спекающийся уголь марки СС (0-50 мм) с содержанием золы 7%, серы 0,2%, вполне отвечающий требованиям указанной технологии.

ДП-3 полезным объемом 1719 м³ в базовом периоде работала с вдуванием ПГ, температурой дутья 1100 °С и содержанием кислорода в дутье 22,67 %. Поэтому ресурсы компенсирующих мероприятий были значительно ограничены и компенсировались выводом из состава дутья природного газа. Применение ПУТ в 1-м опытном периоде позволило при практически неизменной производительности печи снизить расход кокса на 41,2 кг/ т чугуна (8,66 %) и ПГ на 58,3 м³/ т чугуна.

Суммарный коэффициент замены кокса углем составил 0,31 и 0,56 кг/кг в 1-м и 2-м опытных периодах. При этом перерасход кокса за счет вывода ПГ составил 46,64 кг/т чугуна.

Низкая степень использования восстановительного потенциала газов определяет повышение расхода кокса. В отечественной и зарубежной практике выплавки чугуна использования восстановительного потенциала газов составляет 45-55%, что наравне с другими факторами обеспечивает снижение расхода кокса до 250-350 кг/т чугуна. Основной причиной низкого значения степени использования газа в условиях ЕМЗ является низкое и нестабильное качество кокса (показатель $CSR=45-55\%$).

Во 2-м опытном периоде повышена эффективность компенсирующих мероприятий: увеличено содержание кислорода в дутье (2,44 %), повышена теоретическая температура горения (95°С), снижены расход конвертерного шлака (47,2 кг/т чугуна) и основность шлака (0,05 единиц), благоприятно изменился состав железорудной части шихты (+323,9 кг/т чугуна агломера ЮГОК). Это позволило повысить до 138,8 кг/т чугуна расход ПУТ, снизить расход кокса (77,6 кг/т чугуна, 16,3 %), повысить производительность печи (370 т/сут, 10,5 %).

Теоретическая температура горения в 1-м и 2-м опытных периодах повысилась до 2207 и 2215°С (на 87 и 95 °С), что вполне отвечает требованиям технологии.

Таблица 1 - Показатели работы ДП-3 ЕМЗ

Показатели	Периоды		
	16.03- 21.04.2016 (базовый)	10- 31.07.2016 (1-й опыт- ный)	3.10- 15.11.2016 (2-й опыт- ный)
Технологические показатели:			
Производительность т/сутки	3142,7	3176,6	3512,77
Расход топлива, кг(м ³)/т чугуна:			
кокс	475,6	434,4	398
коксовый орешек	34,0	34,5	34,2
ПУТ	0	131,3	138,8
ПГ	58,3	0	0
Расход сухих материалов, кг/т чугуна:			
агломерат ЕМЗ	769,8	373,9	813,9
агломерат ЮГОК	0	456,9	323,9
окатыши СевГОК	904,7	801,4	520,9
известняк	35,8	43,4	23,6
конвертерный шлак	96,3	69,5	49,1
Дутье: расход, м ³ /т чугуна	1460	1499	1353
содержание кислорода, %	22,76	23,35	25,2
температура, °С	1100	1100	1100
давление, атм	2,79	2,82	2,83
Степень использования СО, %	35,03	35,04	35,96
Содержание в чугуне, % : Si	0,66	0,64	0,60
S	0,074	0,081	0,082
Выход шлака, кг/т чугуна	416,8	383,3	397,4
Основность шлака, CaO/SiO ₂	1,09	1,09	1,04
Расчетные показатели:			
Теоретическая температура, °С	2120	2207	2215
Выход горновых газов, м ³ /т чугуна	1859	1875	1718
Выход восстановительных газов, м ³ /т чугуна	781,14	777,17	770,33
Степень прямого восстановления, %	30,76	32,44	27,71
Приход серы с шихтой, кг/т чугуна	6,07	6,04	5,06
Расход условного топлива, кг/т чугуна	582,0	606,0	602,0
К.п.д. использования тепла печи, %	82,58	78,26	80,92
Определяющие показатели:			
Рудная нагрузка, т/т кокса	3,49	3,63	3,97
Выход шлака, кг/т кокса	839	821	925
Выход горнового газа, м ³ /т кокса	3820	4335	4188
Приход мелочи с шихтой, кг/т кокса	241,0	264,5	305,7
Скорость газа в распаре, м/с	10,24	11,62	9,83

Таким образом, в результате освоения ПУТ-технологии на ЕМЗ расход кокса снизился в опытных периодах на 41,2 кг/т чугуна (8,6%) и 77,6 кг/т чугуна (16,3%). Производительность печи повысилась на 33,9 т/сут (1,07 %) и 370 т/сут (11,77%).

Опыт разработки устройств выгрузки извести из шахтных обжиговых печей

Магистранты гр. ИТМОм-17 Артамонов Е.А., Фролков А.С.

Научный руководитель к.т.н. Ткачев М.Ю.

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

г. Донецк

Производство в шахтных и вращающихся печах строительной и технологической извести из осадочной породы, состоящей из карбоната кальция, имеет важное значение в народном хозяйстве. Это подтверждается ее использованием в металлургии (производство стали, цветных металлов); строительстве (производство силикатных изделий, сухих строительных смесей, кладочных растворов), в том числе дорожном (укрепление и стабилизация грунтов); химическом производстве (производство соды и химикалий); пищевой промышленности (производство сахара); сельском хозяйстве (раскисление почв, обработка растений); при защите окружающей среды (очистка сточных вод, топочных газов, нейтрализация бурового шлама); а также в других видах промышленности (например, производство стекла, целлюлозы, кожевенная промышленность и энергетическая отрасль) [1].

Одним из неотъемлемых и важных узлов шахтных печей, наилучшим образом зарекомендовавших себя в ходе эксплуатации, является выгрузочное устройство. От его стабильной и надежной работы, обеспечивающей равномерную выдачу обожженной извести из печи по периметру сечения шахты, зависит равномерность теплового разложения карбонатов кальция (CaCO_3) и магния (MgCO_3), протекающего с поглощением тепла и выделением углекислого газа (CO_2) [2]. Известные конструкции выгрузочных устройств не в полной мере отвечают современным требованиям, предъявляемым к новым или реконструируемым существующим печам. Ввиду этого освещение опыта разработки данного вида оборудования составило цель настоящей работы.

Сотрудниками кафедр «Механическое оборудование заводов черной металлургии им. проф. Седуша В.Я. (МОЗЧМ)» Донецкого национального технического университета и «Металлургия и материаловедение» Старооскольского технологического института им. Угарова с учетом достоинств и недостатков известных систем выдачи обожженной извести предложены два типа устройств для разгрузки шахтной обжиговой печи. По первому варианту устройство снабжено столом, совершающим плоскопараллельное движение относительно ее корпуса при помощи электромеханического привода [3, 4]. Во втором случае выгрузочный стол перемещается четырьмя последовательно срабатывающими гидроцилиндрами по траектории, соответствующей квадрату.

В условиях лаборатории физического моделирования кафедры МОЗЧМ проведены испытания на предварительно спроектированных и изготовленных действующих моделях системы выгрузки шахтной печи (фото на рисунке), подтвердившие правильность принятых технических решений, заложенных в их конструкцию.

В идентичных условиях реализации производственной программы, показатели которой адаптированы для условий эксперимента с соблюдением критериев подобия, практически подтверждено, что предлагаемые конструкции позволяют реализовать лучшую в сравнении с аналогами равномерность выдачи сыпучего материала из печи. Результаты, полученные в ходе модельных исследований, также позволили выполнить проверку адекватности разработанных методик расчета энергосиловых параметров гидравлического и электромеханического приводов предложенных систем выгрузки [5].

Инновационные решения, заложенные в конструкции выгрузочных устройств, позволят повысить равномерность схода извести с подвижного стола и тем самым синхронизировать движение сыпучего материала по сечению шахты в вертикальной плоскости, а также стабилизировать реакцию теплового разложения карбонатов кальция и магния, содержащихся в известняке, находящегося в зоне обжига.



Рисунок 1 – Физические модели выгрузочных устройств, снабженных выгрузочными столами, совершающими плоскопараллельное перемещение относительно сечения шахты печи (а) и движение по квадратной траектории (б)

Проведенные исследования позволили теоретически обосновать и экспериментально подтвердить правильность решения задач импортозамещения оборудования, предназначенного для производства извести на отечественных предприятиях. Полученная при этом информация может быть полезна для разработчиков обжиговых печей шахтного типа, эксплуатируемых в условиях аглофабрик.

Список литературы

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство извести: ИТС 7-2015: введ. 2016-07-01. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт); Бюро НДТ, 2015. – 125 с.
2. Монастырев А.В. Печи для производства извести / А.В. Монастырев, Р.Ф. Галиахметов. – Воронеж: Истоки, 2011. – 391 с.
3. Пат. 2623402 РФ, МПК F27B1/20. Устройство для разгрузки шахтной известково-газовой печи / Смирнов Е.Н. [и др.]; ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (РФ). – № 2016119781; заявл. 23.05.2016; опубл. 27.06.2017.
4. Разработка системы выгрузки извести из шахтной обжиговой печи / С.П. Еронько [и др.] // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». – 2017. – № 12. – С. 66-69.
5. Расчет и конструирование эффективной системы выгрузки извести из шахтной обжиговой печи / С.П. Еронько [и др.] // Металлург. – 2018. – № 7. – С. 38-43.

Известно, что себестоимость чугуна на 35-45% зависит от стоимости основного топлива доменной плавки – кокса, поэтому ученые и исследователи всего мира продолжают работы над снижением его удельного расхода в доменных печах.

Одним из наиболее распространенных путей снижения удельного расхода кокса является предварительная подготовка его по фракционному составу. Мероприятие по отсеvu из кокса таких фракций, как <25 мм и >80 мм, позволяет повысить качество скипового кокса по таким показателям как механическая прочность (M40, M25, M10), горячая прочность (CSR) и реакционная способность (CRI). Применение такого мероприятия благоприятно влияет на ход доменной плавки: улучшается газодинамика столба шихты и снижается удельный расход скипового кокса.

Известно, что наиболее эффективной для доменных печей среднего и большого объемов является фракция кокса 40-80 мм, применение которой обеспечивает выход на максимальный уровень производительности. Подготовка кокса по фракционному составу к доменной плавке предопределяет образование большого количества отсева кокса фракции менее 40 мм. Как один из вариантов по рациональному использованию отсева кокса предлагается его пересейвать с выделением так называемого коксового орешка с последующей загрузкой его в доменную печь в смеси с железорудной частью шихты.

Однако, вследствие широкомасштабного внедрения использования коксового орешка в доменной печи за последние 10-15 лет, возникает вопрос как о рациональном его использовании, так и влиянии на доменный процесс.

Цель работы – выполнить литературный обзор по применению коксового орешка в доменных печах.

Первые опыты по применению коксового орешка относятся к середине прошлого века. Впервые коксовый орешек применили на Днепропетровском металлургическом заводе в 1967 году. Коксовый орешек фракции 10-40 мм в количестве 93-97 кг/т чугуна загрузили в доменные печи в смеси с агломератом. Опыты показали, что введение коксового орешка в количестве 16,3-17,6% от удельного расхода кокса снижает суммарный расход твердого топлива на 1,8-9,9%.

Основные исследования влияния перемешивания кокса с железорудными материалами были выполнены под руководством проф. В.И. Логинова. Показано, что при смешивании кокса с агломератом на 12-25% уменьшается газодинамическое сопротивление шихты по сравнению с послойной укладкой, наблюдается повышение степени использования газа СО на 1-3%. Вследствие перечисленных выше причин производительность доменной печи увеличивалась на 1,5-4,0% при снижении расхода кокса на 4-8%.

В доменных печах POSCO (Южная Корея) происходит смешивание коксового орешка с мелкой железной рудой, при дальнейшей дифференцированной загрузке в зону гребня шихты. Такой подход позволяет интенсифицировать восстановление оксидов железа.

Проведены опытно-промышленные плавки по использованию коксового орешка в доменном цехе ОАО «Северсталь». Нарушения газодинамического режима или ухудшение дренажной способности коксовой насадки обнаружены не были. Коэффициент замены кокса коксовым орешком составил 0,895 кг/кг.

Применение коксового орешка на ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод» в количестве 27 кг/т чугуна позволило снизить удельный расход кокса с 463 до 455 кг/т чугуна (1,7%). Коэффициент замены в среднем составил 1 кг/кг кокса. Было зафиксировано, что использование коксового орешка создает условия для снижения потерь металлургического

кокса – степень использования кокса в доменной печи увеличилась с 93,7 до 94,4%. Таким образом, экономия металлургического кокса на выплавку 1 т чугуна составила 21 кг (4,5%).

Использование коксового орешка фракцией 15-36 мм на доменной печи № 1 ПАО «Енакиевский металлургический завод» в количестве 25 кг/т чугуна способствовало снижению фактического расхода кокса на 10,7 кг/т чугуна, в том числе, на 4,0 кг/т чугуна – за счет совершенствования технологического режима доменной плавки, а 6,7 кг/т чугуна – за счет снижения потерь при высеве мелочи (менее 15 мм) из металлургического кокса.

Исследовательской группой профессора С.Л. Ярошевского было показано, что применение коксового орешка в смеси с железорудной частью позволяет улучшить газопроницаемость железорудной линзы. Оптимальные размеры коксового орешка: нижний – 10-15 мм, верхний – 35-40 мм. Введение первых порций коксового орешка в количестве 20-30% оказывает положительное влияние на газопроницаемость столба шихтовых материалов: газопроницаемость улучшается на 11,5-13,5%.

На доменной печи 3 Kakogawa (фирма Kobe Steel, Япония) проведены исследования по оценке использования коксового орешка в доменной плавке. Показано, что применение коксового орешка различной крупности в смеси с железорудной частью шихты позволило сохранить на периферии неизменный средний размер кусков кокса от уровня засыпи до распара. Так, например, при введении в железорудный слой коксового орешка в количестве 17-30 кг/т чугуна средний размер кусков кокса в распаре снижался всего на 1 мм по сравнению с загружаемым коксом, и составил 47 мм. Авторы пришли к выводу о возможности влияния на средний размер кусков кокса по высоте печи за счет оптимизации режима газификации углерода коксового орешка.

Заслуживают внимания работы специалистов Института черной металлургии Аахенского университета (г. Аахен, Германия), которые изучали влияние введения коксового орешка на степень восстановления агломерата и окатышей в условиях, характерных для зоны когезии доменной печи. Восстановлению в атмосфере 30% CO и 70% N₂ подвергались железорудные материалы в смеси с коксовым орешком в соотношении 3 к 1, при постоянной температуре. Так, например, при выдержке в течение 120 минут и температуре восстановления 1100°C введение коксового орешка в слой окатышей позволило повысить их степень восстановления примерно на 25%.

В странах Западной Европы к началу 90-х годов прошлого столетия практически на всех доменных печах уже широко применяли коксовый орешек фракции, в основном, 10-35 мм, и считалось обычной практикой использование его в количестве от 20 до 100 кг/т чугуна, особенно при применении технологии пылевдувания. Отличительной особенностью применения коксового орешка в настоящее время является обеспечение газопроницаемости рудного слоя ввиду уменьшения коксовой линзы в отличие от первых опытов в 70-х годах прошлого века, когда применение коксового орешка было обусловлено, по всей видимости, стремлением более полного использования металлургического кокса в доменных печах.

Теоретические и экспериментальные соображения дают основание рассчитывать на существенную интенсификацию процесса восстановления оксидов железа в железорудном слое, при введении в него коксового орешка. Нами планируется в дальнейшем проведение исследований об оценке влияния введения в железорудный слой коксового орешка различной крупности.

Таким образом, выполнен литературный анализ применения коксового орешка в доменных печах. Показано, что применение коксового орешка в смеси с железорудной частью шихты позволяет улучшить газопроницаемость рудной части шихты, а также будет способствовать значительной активизации процесса восстановления оксидов железа за счет использования углерода коксового орешка.

Влияние введения в железорудный слой коксового орешка различной крупности на степень восстановления оксидов железа

Магистрант гр. МЧмф-17 Яшин И.Н.

Научный руководитель Кузин А.В.

Донецкий национальный технический университет
г. Донецк

За последние 40-50 лет удельный расход кокса в доменных печах (ДП) был снижен более чем в два раза. Одним из способов повышения эффективности доменной технологии является замена более дорогостоящего кокса дополнительными видами топлива, в частности, пылеугольным топливом (ПУТ). Однако вдувание ПУТ обуславливает ухудшение газопроницаемости столба шихты. Как один из вариантов улучшения газопроницаемости рудной линзы является введение в нее коксового орешка.

За последние 15-20 лет в Украине и России возрос интерес к использованию коксового орешка в доменной плавке: проведенные исследования показали возможность и эффективность применения такой технологии.

Теоретические соображения и экспериментальные результаты дают основание рассчитывать на существенную интенсификацию процесса восстановления оксидов железа в железорудном слое при введении в него коксового орешка.

Лабораторные исследования при смешивании агломерата с коксом показали, что максимальная степень использования газа CO наблюдается при применении 10-50% кокса. Краткосрочный опыт такого смешивания на ДП объемом 3200 м³ показал, что степень использования газа CO повысилась на 2,1%, а степень прямого восстановления снизилась на 4,5%.

В связи с повышением интереса к технологии доменной плавки с использованием коксового орешка возникла необходимость оценить влияние крупности вводимого в железорудный слой коксового орешка на степень восстановления оксидов железа.

Целью работы является оценка влияния введения в железорудный слой шихты коксового орешка различной крупности на степень восстановления железорудного сырья.

Исследования проводили на установке, основным элементом которой является нагревательная электропечь типа СУОЛ. В тигель загружали исследуемый железорудный материал (окатыши СевГОК) навеской 25 г крупностью 3-5 мм. В качестве коксового орешка использовали фракции 5-7, 3-5, 2-3 и 1-2 мм при его постоянном расходе, равном 30 %. В рабочее пространство электропечи, предварительно нагретой до 200°C, устанавливали алундовый тигель с исследуемыми материалами. Сразу после установки тигля в электропечь опускали алундовую трубку, через которую в печь подавали аргон. Далее осуществляли нагрев печи до 1000°C и выдерживали при этой температуре в течение 150 мин. В течение всего опыта автоматическим регулятором контролировали температуру в рабочем пространстве электропечи. Потерю массы контролировали при изменении температуры через каждые 100°C, а при достижении температуры 1000°C и выдержке при данной температуре – каждые 30 мин с использованием аналитических весов типа Т-5000. По потере веса, с учетом стехиометрии выходящих газов, оценивали степень восстановления оксидов железа. Кроме того, по окончании опытов исследуемые окатыши подвергались химическому анализу.

Химический анализ восстановленных окатышей показывает, что введение коксового орешка фракций 3-5, 2-3 и 1-2 мм, по сравнению с фракцией 5-7 мм, способствовало снижению содержания Fe₂O₃ с 35,6 до 14,1-18% и повышению содержания FeO с 49,8 до 62,9-69,0% при незначительном изменении содержания Fe_{мет}. Такие изменения свидетельствуют об интенсификации процесса восстановления оксидов железа при введении в железорудный слой коксового орешка.

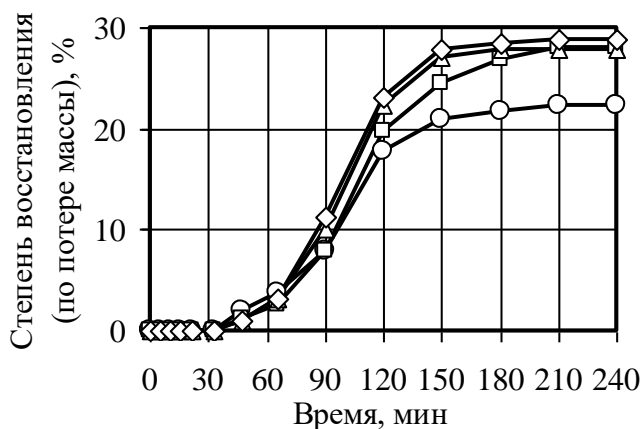


Рисунок 1 - Зависимость степени восстановления от крупности коксового орешка (обозначения в тексте)

становления составила 10,1 и 11,2%, а после выдержки в течение 150 мин – 27,8 и 28,9% соответственно. При введении в слой окатышей коксового орешка фракцией 3-5 мм (□) и нагреве материалов в течение первых 90 мин наблюдается меньшее значение степени восстановления (7,8%), чем при использовании коксового орешка фракций 2-3 и 1-2 мм. Однако после выдержки в течение 150 мин степень восстановления составила 27,9%, что сопоставимо со степенью восстановления для фракций 2-3 и 1-2 мм.

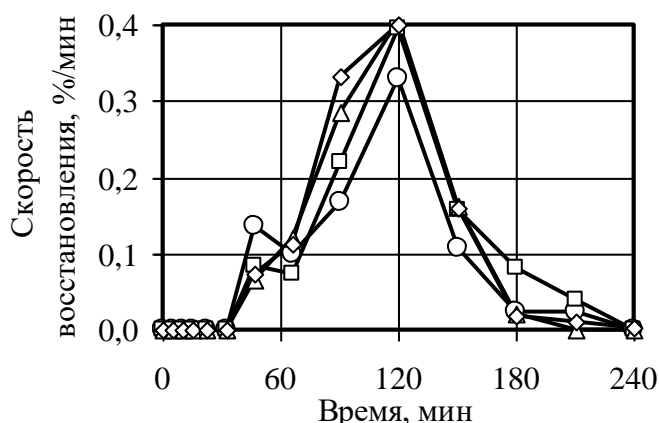


Рисунок 2 - Изменение скорости восстановления от крупности коксового орешка (обозначения в тексте)

Исследования по восстановлению окатышей при введении в них коксового орешка различной крупности показали (рис. 1), что при использовании коксового орешка фракцией 5-7 мм (○) наблюдается наименьшее значение степени восстановления в течение всего опыта: нагрев материалов в течение первых 90 мин (соответствует достижению температуры 1000°C) степень восстановления составила 7,8%, а после выдержки в течение 150 мин – 22,3%. Наибольшие и близкие значения степени восстановления в течение всего времени показали опыты с использованием коксового орешка фракций 2-3 (Δ) и 1-2 (◇) мм: нагрев материалов в течение первых 90 мин степень восстановления составила 10,1 и 11,2%, а после выдержки в течение 150 мин – 27,8 и 28,9% соответственно.

Изменение скорости восстановления окатышей при введении в них коксового орешка различной крупности в количестве 30% показало, что для всех фракций коксового орешка максимальная скорость восстановления достигается на 120-й мин. Следует отметить, что наименьшее значение скорости восстановления (0,33 %/мин) относится к фракции коксового орешка 5-7 мм, а для остальных скорость восстановления составляет 0,40 %/мин (рис. 2).

Таким образом, на основании экспериментов показано, что введение коксового орешка в железорудную часть шихты позволит значительно активизировать процесс восстановления оксидов железа благодаря

использованию углерода коксового орешка. Кроме того, максимальная степень восстановления наблюдается при использовании коксового орешка, сопоставимого с размерами железорудного материала и менее. Указанные выше причины могут способствовать снижению участия в реакциях прямого восстановления углерода скипового кокса. В результате снижения участия углерода кокса в протекании реакций прямого восстановления и Белла-Будуара, можно ожидать меньшего снижения значений прочностных характеристик и среднего размера кусков кокса по высоте печи, по сравнению с технологией без применения коксового орешка. Подготовку металлургического кокса с использованием в скиповом коксе фракции 40-80 мм и выделение из отсева кокса коксового орешка, с последующей загрузкой его в железорудную часть шихты необходимо осуществить до начала внедрения технологии пылевудования, для улучшения газопроницаемости столба шихтовых материалов.

Охрана труда и промышленная безопасность

Электромагнитные колебания – взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей, составляющих единое электромагнитное поле (ЭМП). Распространение электромагнитных колебаний происходит в виде электромагнитных волн. Электромагнитное излучение – электромагнитные волны, испускаемые каким-либо источником, свободно распространяющиеся в пространстве и не связанные с источником, образовавшим эти волны.

Электромагнитные поля оказывают термическое, морфологическое действия и приводят к функциональным изменениям в организме.

Под воздействием ЭМП происходит поглощение энергии поля тканями тела человека. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно органов с плохой терморегуляцией (хрусталик, стекловидное тело, мозг и др.). При общем облучении повышение температуры тела более чем на 1°C недопустимо. Электромагнитное поле с $\lambda = 1 \dots 20$ см оказывает вредное воздействие на глаза, вызывая катаракту.

Одним из источников электромагнитного поля являются промышленные установки индукционного нагрева, а именно, индукционные печи.

Электромагнитные поля характеризуются следующими параметрами: частотой излучения, f , Гц; напряженностью электрического E , В/м, и магнитного H , А/м, полей; плотностью T_n магнитного потока B , Тл; плотностью потока энергии ППЭ, Вт/м².

Плотность потока энергии показывает, какое количество энергии протекает за 1 с сквозь площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно распространению волн.

При нормировании электромагнитных полей нормируемыми величинами являются как параметры электрической составляющей, так и магнитной составляющей электромагнитного поля (ЭМП).

В диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц нормируемыми параметрами являются: напряженность электрической составляющей ЭМП (E , В/м), напряженность магнитной составляющей ЭМП (H , А/м), энергетическая экспозиция электрической составляющей ЭМП ($\text{ЭЭ}_E = E^2 T$, (В/м)²·ч) и энергетическая экспозиция магнитной составляющей ЭМП ($\text{ЭЭ}_H = H^2 T$, (А/м)²·ч), где T – время воздействия ЭМП, ч.

В диапазоне частот 300 МГц – ГГц нормируется плотность потока энергии (ППЭ, Вт/м²) и энергетическая экспозиция плотности потока энергии ($\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T$, Вт·ч/м²).

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека определяются длиной волны, интенсивностью излучения, режимом облучения (непрерывный или прерывистый), продолжительностью воздействия, размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями человека.

Электромагнитное излучение от плавильных печей было изучено на примере индукционной канальной печи ИЛК-0,4-С1. Принцип действия такой печи подобен принципу действия силового трансформатора, работающего в режиме короткого замыкания. Уровни электромагнитного излучения измеряли прибором 03 МИ 001-2006. Для разных диапазонов частот использовали типы антенны - преобразователя табл. 1.

Таблица 1 - Выбор типа антенны – преобразователя

Тип антенны – преобразователя	Диапазон частот	Пределы измерения		
		Напряженность		ППЭ (мкВт/см ²)
		электрическая составляющая (В/м)	Магнитная составляющая (А/м)	
АП-1(ППЭ)	0,3-40 ГГц	1-615		0,26-100000
АП-3(Е)	0,03-300 МГц	0,5-300		0,066-23800
АП-5(Н)	0,03-50 МГц		0,05-8	

Замеры электромагнитного излучения были проведены на уровнях 0,5; 1,0; 1,5 м от пола и на расстоянии 1 м от печи.

Результаты замеров сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты замеров

Высота измерения	Фактическая электрическая составляющая, Е, В/м		Магнитная индукция, нТл	
	факт	ПДУ	факт	ПДУ
0,5	<5,0	25	<62,5	250,0
	<5,0	500	<62,5	5000,0
	<5,0	2,5	<5	25
1	6,47	25	62,5	25,0
	50,5	500	2500	5000
	<0,5	2,5		2,5
1,5	25	25,0	<62,5	250,0
	25	500	<62,5	5000,0
	25	2,5	<50	25,0

Результаты замеров показали, что напряженность электрической составляющей и магнитной составляющей не превышает ПДУ. Магнитная индукция в 2,5 раз превышает ПДУ на высоте 1 м от пола.

Влияние систем защиты от краж на людей

Студент гр. 10114115 Попов А.Р.

Научный руководитель Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В данной работе будет произведена проверка влияния систем защиты от краж на работников магазинов, на охранников, которые постоянно контактируют с рамками от воровства, а также на простых людей, проходящих через эти рамки в течении дня.

Системы защиты от краж служат для надежной защиты товаров от несанкционированного выноса из торговых залов самообслуживания. Системы защиты от краж состоят из электронных ворот, которые размещаются при входе в торговый зал, и защитных этикеток, которыми маркируется товар. Все системы защиты делятся на три группы в зависимости от области применения:

- Радиочастотные, с частой работы 8,2 МГц;
- Акустико-магнитные, с частой работы 12,5 КГц;
- Электромагнитные, с частой работы 58 КГц.

По частоте работы определим, влияет ли продолжительное электромагнитное излучения на людей. Для этого обратимся к нормативным данным о предельно допустимых уровнях напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного излучения. Информация получена из Постановления Министерства Здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 05 марта 2015. Данные отображены в таблице.

Продолжительность воздействия, Т, ч	Е _{пду} , В/м		
	0,03-3	3-30	30-300
	МГц	МГц	МГц
8,0 и более	50	30	10
7,5	52	31	10
7,0	53	32	11
6,5	55	33	11
6,0	58	34	12
5,5	60	36	12
5,0	63	37	13
4,5	67	39	13
4,0	71	42	14
3,5	76	45	15

Как видно из таблицы, даже при продолжительном воздействии (более 8 часов) рамка не окажет негативного воздействия на человека. Частота работы радиочастотной рамки 8,2 МГц, а в нормативе минимальная частота, с которой начинается негативное воздействие составляет 30 МГц.

Существуют особые случаи, когда люди с имплантированным кардиостимулятором подвергались воздействию рамок. Хотя магнитная рамка от воровства не способна оказать никакого серьезного влияния на работу электронных устройств, находящихся в металлическом корпусе, в том числе на титановый кардиостимулятор, внутри которого находится микросхема и аккумулятор. Однако рамки металлодетекторов в общественных местах, представляющие собой замкнутый контур, создают более мощное постоянное поле, чем магнитные ворота для магазина. В нём начинают резонировать массивные металлические предметы либо предметы с большой площадью металлизированной поверхности.

Они «отвечают» приёмнику П-образных магнитных ворот, благодаря чему и происходит обнаружение. Таким образом, людям с имплантированными стимуляторами магнитные или радиочастотные рамки для магазина не опасны, а вот сквозь ворота в аэропортах или

метро им проходить нельзя. Не рекомендуется также задерживаться в створе детектора с фольгированными сумками. На всякий случай нужно поинтересоваться у охраны, не снабжены ли магнитные рамки от воровства таким устройством, и предъявить карточку кардиостимулятора, чтобы получить разрешение его обойти.

В связи со сказанным выше можно сделать вывод, что только электромагнитные рамки или акустико – магнитные рамки могут нанести вред человеку. Да и то только тем людям, у которых есть имплантированные стимуляторы.

Влияние статического электричества на организм человека

Студентка гр.10114115 Шибeko Ю.В.
Научный руководитель Науменко А.М.
Белорусский национальный технический
университет
г.Минск

Количество чрезвычайных ситуаций, происходящих на территории государства, уровень смертности в результате различных несчастных случаев, происшествий однозначно свидетельствует об отсутствии у граждан навыков безопасного поведения. Согласно статистическим данным у большинства подростков крайне низкий уровень знаний о возможных опасностях, которые на первый взгляд кажутся нам вовсе безобидными, ведь основные потери происходят не в чрезвычайных, а в повседневных, менее опасных ситуациях. Необходимо, чтобы безопасность стала культурой поведения любого человека. А для того, чтобы воспитать эту культуру в каждом из нас, необходимы знания, с которыми жизнь любого человека станет намного безопаснее.

Одной из «безобидных» опасностей является **статическое электричество**. Существование человека в любой среде связано с воздействием на него и среду обитания электромагнитных полей. В случае неподвижных электрических зарядов мы имеем дело с электростатическими полями. Наряду с естественными, человек подвергается воздействию искусственных статических электрических полей.

Электростатические заряды возникают на поверхностях как жидких, так и твердых материалов в результате сложного процесса — контактной электролизации. Электролизация возникает при трении двух диэлектрических или диэлектрического и проводящего материалов, если последний изолирован. При разделении двух диэлектрических материалов происходит разделение электрических зарядов, причем материал, имеющий большую диэлектрическую проницаемость, заряжается положительно, а меньшую — отрицательно. Чем больше различаются диэлектрические свойства материалов, тем интенсивнее происходит разделение и накопление зарядов.

В бытовой обстановке вещи не накопят смертельно опасного заряда статического электричества. Оно не будет способно вызвать взрыв бензина в бензобаке автомобиля, нефти в танкере, но опасность имеет место быть, потому что все это может негативно сказаться на здоровье человека. Статическое электричество может накапливаться не только на предметах, но и в воздухе. При длительном контакте с наэлектризованными предметами человек становится носителем статического заряда и постепенно накапливает его.

Когда человек спит, воздействие статического электричества выражается в непосредственном раздражении чувствительных нервных окончаний кожи, изменяется сосудистый тонус, наблюдаются изменения в центральной нервной системе. Человек начинает быстро утомляться, становится раздражительным, плохо спит. Само воздействие не вызывает определенного заболевания, но постоянный статический разряд, даже малой силы, ведет к обострению заболеваний сердечно-сосудистой системы. В мире отмечается нарастание аритмической смерти у абсолютно здоровых и молодых людей. Во сне человек переворачивается около **150 раз**, а в момент движения головы он **150 раз** принимает разряд. Когда человек, тело которого наэлектризовано, дотрагивается до металлического предмета, например, трубы отопления или холодильника, накопленный заряд моментально разрядится, а человек получит легкий **удар током**. Электростатический разряд происходит при очень высоком напряжении и чрезвычайно низких токах. Электролизация тела человека происходит постоянно. На поверхности материалов (линолеум, пластиковая плитка, ковры, занавеси, шторы, обои, лакированные покрытия) накапливаются электрические заряды (потенциал поля **3-10 тысяч Вольт**). Даже простое расчесывание волос в сухой день может привести к на-

коплению статического заряда с напряжением в **10 тысяч Вольт**, однако ток его освобождения будет настолько мал, что его зачастую невозможно будет даже почувствовать. А вот легкие «уколы» и «пощипывания» при работе с сильно наэлектризованными материалами негативно влияют на психику рабочих, а в определенных ситуациях могут вызвать шоковое состояние.

В большей степени статическое электричество проявляет себя зимой, когда воздух очень сухой. Летом воздух более влажный и пары воды в воздухе помогают электронам «уйти» от нас быстрее, поэтому мы не можем накапливать на себе большой электрический заряд. Все это легко можно проверить и доказать с помощью **опыта**, представленного ниже.

Опыт проводился в ванной комнате и заключался в следующем: был произведен замер относительной влажности воздуха в ванной комнате, который равен **20%**. Далее, натерев воздушный шарик о шерстяной носок, я прислонила его к стенке помещения и засекала время, которое шар «провисит» на стене. Затем я увеличивала влажность воздуха в помещении с помощью обычного парового утюжка и делала новые замеры времени. Итоги опыта приведены в **таблице** ниже.

Влажность помещения, %	Время, которое шарик «висел», сек
20	157
22	31
26	7
35	1

Таким образом, чем больше относительная влажность в помещении, тем меньше величина напряженности статического поля, т.е. статический заряд с предметов исчезает быстрее за счет лучшей проводимости воздуха.

Средства защиты и методы борьбы со статическим электричеством:

- брелки, браслеты для снятия статического электричества;
- жидкости, аэрозоли для борьбы со статическим электричеством;
- коврики с заземлением рабочих мест, заземляющие устройства (разряды, возникающие в быту в результате соприкосновения наэлектризованного человеческого тела, с заземленной поверхностью, не опасны для здоровья, ведь разрядный ток силой до **20 мкА** не вызывает сдвигов в организме человека);
- антистатические одежда и обувь;
- ионизаторы для ускорения стоков зарядов;
- лампа Чижевского;
- частое проветривание и влажная уборка помещений;
- регулярное принятие душа; хождение босиком;
- работа на земле (на огороде).

Для безопасной жизни человека этого недостаточно, но я уверена, если соблюдать хотя бы эти простейшие правила, оберегая себя и свое здоровье, шансов на долгую жизнь станет намного больше, а несчастных случаев — меньше!

**Изменения в законодательстве РБ с точки зрения улучшения защиты
от социальных рисков наступления нетрудоспособности**

Студенки гр. 10302114 Константинова А., Пыск О.
Научный руководитель Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический
университет
Г. Минск

Социальный страховой риск — возможность изменения материального и (или) социального положения граждан, в случае наступления которого осуществляется обязательное социальное страхование. В частности, к нему относятся: временная нетрудоспособность; трудовое увечье и профессиональное заболевание; материнство; инвалидность; наступление старости; потеря кормильца; признание безработным. При временной нетрудоспособности гражданам назначают пособие [1], при постоянной (инвалидность или старость) - выплачивают пенсию [2]. Защиту от социальных рисков наступления нетрудоспособности обеспечивает Фонд социальной защиты населения (ФСЗН) Министерства труда и социальной защиты РБ - орган управления средствами государственного социального страхования. [3]

Пенсионная система — это совокупность правовых, экономических, организационных институтов и норм, которые имеют целью при определенных условиях материально обеспечивать граждан (обычно пожилых), выплачивая им пенсию. Система Республики Беларусь наследована от СССР и изменилась мало. Она является государственной и носит характер распределительной, то есть трудоспособные граждане посредством отчислений от зарплаты обеспечивают выплату текущих пенсий и пособий. Увеличение срока жизни, уменьшение рождаемости приводят к старению нации – проблеме, с которой столкнулись многие страны. Уже сейчас на 1000 трудоспособных белорусов приходится 748 нетрудоспособных, из которых 310 – несовершеннолетние, 438 – пенсионеры.

При нынешней пенсионной и страховой системе обеспечить население достойной социальной защитой сложно. Основными объективными причинами этого являются: инфляция; малый уровень дохода населения; возможное присутствие теневой экономики; низкая рождаемость; низкий уровень пенсионной грамотности населения.

Чтобы предупредить дефицит бюджета и обеспечить нетрудоспособных пенсиями и пособиями, проводится реформирование имеющейся системы. Государство проводит изменения в законодательстве, касающегося формирования ФСЗН, пенсионного фонда и распределения средств. Один из вариантов - индексация пенсии: на ее размер влияют длительность стажа и величина зарплаты. Еще один шаг – повышение пенсионного возраста и, соответственно, увеличение объема пенсионных отчислений за счет более долгой трудовой активности. Стоит отметить, что во многих развитых странах пенсионный возраст в зависимости от законодательства составляет 65-75 лет. В 2016 году было решено повысить пенсионный возраст с 55 лет до 58 для женщин и с 60 до 63 лет для мужчин. Повышение происходит постепенно, на 6 месяцев ежегодно, и окончательно завершится во втором полугодии 2022 года. Также постепенно увеличивается страховой стаж с 15 лет до 20 (к 2025 году) [4, 5]. Последняя мера достаточно непопулярна, поскольку значительное количество граждан, руководствовавшихся старыми законами, в силу различных причин не имеют достаточного страхового стажа и не могут претендовать на трудовую пенсию. Возникают вопросы и с матерями, имеющими 4 и более детей, т.к. в трудовой стаж включается только 9 лет декретного отпуска.

Вариантом улучшения сложившейся ситуации может стать существенное повышение размера пенсий для граждан, откладывающих уход на пенсию – такая система действует в Японии, Швеции. Так как пожилые люди являются ценным ресурсом для экономики, страна не только снизит нагрузку на бюджет, но и сможет использовать труд высококвалифицированных специалистов.

Для снижения нагрузки на бюджет в РБ рассматриваются изменения в системе оплаты больничных: предложено не оплачивать первые 3 дня, а начислять денежные средства только с четвертого дня болезни. Пока первые 12 дней оплачивают 80% заработка, в последующие – 100%.

Долгосрочной мерой создания тенденций к снижению нагрузки на бюджет в виде пенсий в будущем можно назвать повышение пособий по уходу за ребенком, что стимулирует малоимущие слои населения к увеличению рождаемости. С другой стороны в будущем женщина может не набрать необходимого минимального страхового стажа для получения трудовой пенсии, и с этой точки зрения ей лучше родить одного ребенка.

Таким образом, рассмотрена сложившаяся ситуация в области социального страхования населения и меры, которые принимает государство для выхода из нее. Проводимые законодательные изменения можно считать оправданными с точки зрения мирового опыта решения аналогичных проблем, однако, остаются некоторые нюансы, ущемляющие интересы отдельных категорий граждан, что со временем можно исправить.

Список источников:

1. Порядок обеспечения пособиями по временной нетрудоспособности и по беременности и родам, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.06.2013 № 569 с изменениями от 21.03.2017 N 209
2. Закон от 17.04.1992 № 1596-ХІІ «О пенсионном обеспечении»
3. Закон от 31.01.1995 № 3563-ХІІ «Об основах государственного социального страхования» (с последующими редакциями).
4. Положение о ФСЗН [Электронный ресурс]/ Официальный сайт Фонда социальной защиты населения РБ. – Минск, 2018. - Режим доступа: <https://ssf.gov.by/ru/about-fond-ru/> – Дата доступа: 17.10.2018.
5. Министерство финансов Республики Беларусь [Электронный ресурс]/ Официальный сайт. – Минск, 2018. - Режим доступа: <http://www.minfin.gov.by/> – Дата доступа: 17.10.2018.

**Конструкторские решения при проектировании металлорежущих станков
с целью снижения производственного травматизма**

Студент гр.10305114 Казаков М.В.
Научный руководитель Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический
университет
г. Минск

Работа с технологическим оборудованием машиностроительного производства является источником повышенной опасности, в связи с тем, что человек подвергается воздействию опасных и вредных производственных факторов, обусловленных особенностями технологического процесса и приводящих к несчастным случаям и профессиональным заболеваниям. Основными факторами, особенно характерными для современного оборудования, являются шум, вибрация, повышенные температуры поверхностей, острые кромки стружки, дисперсные частицы и пары СОЖ в зоне дыхания, движущиеся и вращающиеся части оборудования, детали, инструменты.

По статистике основными видами механического травмирования при работе со станками являются: повреждение пальцев или кисти рук вследствие их захвата вращающимся инструментом - 70%; повреждение глаз стружкой - 15%; повреждение рук или ног при наладке станка, установке и снятии детали/инструмента - 8%; повреждение детали, вырвавшейся при обработке, либо осколками инструмента - 3%; повреждение пальцев при уборке стружки - 3%; повреждение органов дыхания микрочастицами, поступающими в легкие с парами СОЖ - 1%.

Наиболее частыми причинами перечисленных травм считаются разрушение инструмента или детали при наличии внутренних дефектов или выборе неправильных параметров обработки; их вылет из крепежных устройств из-за ненадлежащего закрепления; аварийные поломки оборудования; пренебрежение техникой безопасности при работе; неиспользование средств индивидуальной защиты.

С целью улучшения условий труда и снижения производственного травматизма целесообразно применять различные инновационные методы конструирования технологического оборудования с использованием перспективных технических решений.

Для изоляции вращающихся и движущихся частей станков применяют различного вида ограждения, представляющие собой телескопические щитки или гармоникообразные меха. Также следует ограждать нагревающиеся части и узлы во избежание ожогов. Кроме этого, для предотвращения травмирования отлетающей стружкой или осколком инструмента целесообразно устанавливать прозрачные щитки для ограждения зоны резания.

Наиболее эффективным решением, способным максимально снизить воздействие вышеперечисленных вредных и опасных факторов, и объединяющим все уже упомянутые конструктивные элементы, является автоматизация процесса и размещение всех элементов станка в специальном корпусе кабинетного типа. Это абсолютно исключает возможность совершения рабочим не регламентированных действий и возможное травмирование.

Должная герметизация узлов при смазке трущихся поверхностей масляным туманом уменьшает загрязненность воздуха рабочей зоны масляными парами.

Снижение температуры обрабатываемой заготовки и инструмента посредством специфической конструкции корпуса шпинделя с охлаждающей «рубашкой» и подачи СОЖ в зону резания, а также грамотный выбор режимов резания уменьшает вероятность разрушения детали и инструмента вследствие нагрева.

Автоматическое отведение стружки специальными шнеками, исключает возможность травмирования пальцев рук рабочего при уборке стружки нестандартными приемами или же при использовании устройств, не предназначенных для данного вида деятельности.

С целью предотвращения травмирования рабочего при неправильно установленном инструменте, целесообразно предусматривать в станке автоматизированную систему смены и закрепления инструментов. Автоматизированная система смены инструментов состоит из автооператора, который производит смену инструмента, что регулируется подсистемой функционального диагностирования в виде датчиков. Датчики, установленные в станках, информируют о правильности установки инструмента, а также его температурных деформациях, позволяя своевременно остановить процесс обработки, не допустив разрушения инструмента и его элементов. Стол металлорежущего станка имеет механизм периодического поворота, позволяющий последовательно обрабатывать деталь с нескольких сторон, без вмешательства рабочего, в связи с чем существенно снижается риск захвата кисти рук вращающимися элементами станка.

Таким образом, в данной работе проведен анализ существующих современных конструкторских решений, способствующих уменьшению количества механических и термических травм работников металлорежущих цехов, а также снижению вероятности возникновения профессиональных заболеваний. Современный уровень автоматизации выпускаемого станочного оборудования позволяет минимизировать контакт работника с опасными и вредными факторами и, соответственно, уменьшить уровень травматизма на машиностроительных предприятиях.

Несчастный случай в организации – происшествие редкое, но при определенных обстоятельствах возможное, а иногда – при полном игнорировании требований по охране труда в организации – и закономерное.

В должностных обязанностях работников, наряду с выполнением трудовых функций, изложенных в соответствующей квалификационной характеристике должности, предусматривается обязательное соблюдение на каждом рабочем месте требований по охране труда и пожарной безопасности. В должностных обязанностях руководителей предусматриваются создание здоровых и безопасных условий труда для подчиненных им исполнителей, а также контроль за соблюдением ими требований НПА по охране труда и пожарной безопасности [1]. Следовательно, если работник не нарушил требования инструкций по охране труда, то и его личная вина в произошедшем с ним несчастном случае под большим сомнением. Но это вопрос к качеству разработанных в организации инструкций по охране труда.

Мы же говорим о контроле. Очень часто руководители и специалисты, ответственные за создание здоровых и безопасных условий труда для подчиненных им исполнителей, а также за осуществление контроля за соблюдением ими требований НПА по охране труда и пожарной безопасности [1], в качестве аргумента приводят невозможность непосредственного контроля со своей стороны за подчиненными работниками ввиду разброса участков на значительных расстояниях друг от друга. В данном случае контроль надо понимать, как одну из основных функций системы управления охраной труда в организации. Контроль должен осуществляться на основе наблюдения за поведением управляемой системы с целью обеспечения оптимального функционирования последней (анализ со стороны руководства организации) и соотнесение их с ожидаемыми результатами). На основе данных контроля осуществляется адаптация системы управления охраной труда, т.е. принимаются и применяются корректирующие и предупреждающие действия.

Цели, задачи, основные виды и объекты контроля за соблюдением законодательства об охране труда в организации определены в [2], распространяются на нанимателей всех организационно-правовых форм независимо от формы собственности и направлены на выполнение нанимателями обязанностей по охране труда, реализации государственной политики в этой области.

Работник, допущенный к работе, должен понимать свою собственную ответственность за нарушение требований по охране труда, заботиться о личной безопасности и личном здоровье, а также о безопасности окружающих в процессе выполнения работ либо во время нахождения на территории организации [3].

В организациях же должностные лица могут «не замечать» несоответствия в выполнении работниками своих обязанностей, изложенных в ст. 232 «Обязанности работника по охране труда» ТК. Не редко в организациях можно увидеть работников, не применяющих средства индивидуальной защиты, работающих с явно неисправным инструментом и т.п. и никак не реагирующих при этом на рядом стоящих руководителей работ [4].

При расследовании несчастного случая на производстве или профессионального заболевания определять и указывать в акте о несчастном случае на производстве. Акт подписывается уполномоченным должностным лицом организации, страхователя (страхователем – физическим лицом) и уполномоченным представителем профсоюза, принимавшим участие в расследовании, если грубая неосторожность потерпевшего содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление Минтруда и соцзащиты Республики Беларусь от 02.01.2012 № 1 «Об утверждении Общих положений Единого квалификационного справочника должностей служащих»

2. Постановление Минтруда и соцзащиты Республики Беларусь от 26.12.2003 № 159 «Об утверждении Типовой инструкции о проведении контроля за соблюдением законодательства об охране труда в организации»

3. Соблюдение требований по охране труда при привлечении специалистов к работе по рабочим профессиям Студент гр. 10503115 ФММП БНТУ Панкова В.С. Новые материалы и технологии их обработки: сборник научных работ XIX Республиканской студенческой научно-технической конференции (Минск, 24-25 апреля 2018 г.) / редкол: И.А. Иванов [и др.] – Минск: БНТУ, 2018. – 162-163 с.

4. Аттестация рабочих мест по условиям труда Студент гр. 10503115 ФММП БНТУ Вечерски М.В. Новые материалы и технологии их обработки: сборник научных работ XIX Республиканской студенческой научно-технической конференции (Минск, 24-25 апреля 2018 г.) / редкол: И.А. Иванов [и др.] – Минск: БНТУ, 2018. – 160-161 с.

5. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15.01.2004 № 30 «О расследовании и учете несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

Ввиду того, что в Республике Беларусь количество несчастных случаев на производстве не уменьшается, особое внимание уделяется их профилактике. Одной из форм решения задач по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является разработка (совершенствование) нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, содержащих требования по охране труда. Именно поэтому, постановлением Совета Министров были утверждены Межотраслевые правила по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ [1], а также постановлением Министерства труда и социальной защиты от 26.01.2018 № 10 была разработана и утверждена «Типовая инструкция по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных и складских работ».

Как следует из приложения 1 к Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний, работающих по вопросам охраны труда, утв. постановлением Минтруда и соцзащиты от 28.11.2008 № 175, погрузочно-разгрузочные работы относятся к числу работ с повышенной опасностью. Соответственно, их выполнение требует проведения предварительных организационных и технических мероприятий. Так, к их выполнению должны допускаться работающие, прошедшие медосмотр, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Отмечается, что организацией назначается должностное лицо, ответственное за безопасное проведение погрузочно-разгрузочных работ, которое обязано пройти проверку знаний по вопросам охраны труда, организует и обеспечивает безопасность при проведении погрузочно-разгрузочных работ, в том числе:

1. выбирает безопасные способы погрузки, разгрузки грузов;
2. указывает рабочим места складирования грузов;
3. проводит с работающими целевой инструктаж по охране труда при выполнении ими разовых работ по погрузке, разгрузке, не связанных с их прямыми обязанностями, а также перед выполнением погрузочно-разгрузочных работ, на которые оформляется наряд-допуск;
4. обеспечивает выполнение предусмотренных нарядом-допуском мероприятий.

Выбор способов проведения погрузочно-разгрузочных работ должен предусматривать предотвращение или снижение до уровня допустимых норм воздействия на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов. Для обеспечения безопасной погрузки, разгрузки, перемещения грузов разрабатываются схемы строповки грузов в зависимости от их вида, массы, формы. Перед подъемом и перемещением груза проверяются устойчивость груза и правильность его строповки. Особое внимание необходимо обратить на то, что не допускается проводить погрузочно-разгрузочные работы на пути движения транспортных средств, а также в местах переходов и переездов. При постановке транспортного средства под погрузку, разгрузку должны быть приняты меры по предотвращению самопроизвольного его движения. При проведении погрузки, разгрузки вблизи здания расстояние между зданием и транспортным средством должно быть не менее 0,8 м.

Проведение погрузочно-разгрузочных работ вручную допускается при соблюдении предельно допустимых норм разового подъема тяжестей работающим (мужчиной) не более 50 кг. При проведении погрузочно-разгрузочных работ несколькими работающими необходимо каждому из них следить за тем, чтобы не причинить друг другу травмы инструментом или грузом. При переноске грузов расстояние между работающими (или группами работающих) должно быть не менее 2 м. Поднятие и перемещение грузов массой более 20 кг в тех-

нологическом процессе необходимо производить с помощью погрузочно-разгрузочного оборудования. Кроме того, перемещение грузов в технологическом процессе на расстояние более 25 м должно быть механизированным [2]. Применяемые при проведении погрузочно-разгрузочных работ подъемно-транспортное оборудование, средства механизации, приспособления для грузоподъемных операций, а также инструмент, не допускается использовать неисправные, не соответствующие по грузоподъемности и характеру груза.

Требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ предъявляются не только к их организации и технологии, но и к местам их выполнения, так, погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться на специально отведенных площадках с твердым основанием, обеспечивающим устойчивость подъемно-транспортного оборудования, складироваемых материалов и транспортных средств. Места проведения погрузочно-разгрузочных работ оснащаются необходимыми средствами коллективной защиты и знаками безопасности. Проход, подъем работающих на рабочие места осуществляются по тротуарам, лестницам, мостикам, трапам, установленным маршрутам служебного прохода. Не допускается размещать грузы в проходах и проездах. Площадки и подходы к ним очищаются от мусора и посторонних предметов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Межотраслевые правила по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ утвержденные постановлением Совета Министров от 30.01.2016 № 73 (с изм. утв. Постановлением Министерства труда и социальной защиты от 26.01.2018 № 12)
2. Фасевич Ю.Н., Манько Д.Н. Требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работах, выполняемых вручную. Новые материалы и технологии их обработки: сборник научных работ XVII Республиканской студенческой научно-технической конференции (Минск, 19-20 апреля 2017г.) / редкол: И.А. Иванов [и др.] – Минск: БНТУ, 2017. – 232 с.

Профилактика поражений электрическим током рабочих-станочников

Студенты гр. 10305114 Суханов Е.А., Яцук В.В.

Научный руководитель Пантелеенко Е.Ф.

Белорусский национальный технический

университет

г. Минск

В настоящее время любое оборудование работает от электроэнергии. Поэтому одной из причин несчастных случаев на производстве, в частности в машиностроении, является поражение электрическим током.

Самые первые научные опыты с электричеством показали, что это новый вид энергии, но и источник большой опасности. Самые первые правила безопасности, предлагали применять ограждение токоведущих частей от прикосновения, и до сих пор это является актуальным методом. Российский ученый Василий Петров (1761-1834) был новатором в вопросах разработки изоляции из сургуча или воска. В конце XIX века появилось защитное заземление, как одна из основных мер электробезопасности. На стыке XIX – XX веков в качестве защитных средств появились резиновые перчатки, коврики и башмаки. Электричество стало и причиной отказа от алюминиевых касок. Нельзя исключать и человеческий фактор. Поэтому кроме технических мероприятий применяют и организационные: обучение технике безопасной работы, инструктажи, проверка знаний. [1].

Вопросы электробезопасности регламентируются такими основными нормативными документами, как межотраслевые правила по охране труда при работе с электроустановками (постановление Министерства труда и социальной защиты РБ и Министерства энергетики РБ 30.12.2009 г. № 205/59) и технический кодекс установившейся практики ТКП 181-2009 (02230) «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Для уменьшения вероятности воздействия на работника электрического тока применяют ряд мер, перечисленных далее. Станок, его электродвигатели, пусковые приборы и другие элементы электрооборудования надежно заземляются [2, стр. 545]. Вся электропроводка закрывается и прокладывается в металлических шлангах и трубках для защиты изоляции и самих проводов от разрушения едкими парами и газами, попадания внутрь трубы влаги, пыли и взрыво-пожароопасных смесей из окружающей среды. При поломке электрической части станка, его отключают от электросети и ставят в известность о неисправности мастера или дежурного электрика, самостоятельно не ремонтируют. Проведение ремонтных работ разрешается после уведомления мастера и при полностью обесточенном станке. Также станок обесточивают в конце смены для уборки, смазки и осмотра. Для защиты от возможности случайного прикосновения к токоведущим частям они ограждены барьерами. Пусковые электрические устройства удобно расположены для обслуживания и защищены от самопроизвольного включения. В кнопочных станциях пусковая кнопка утоплена на 3-5 мм ниже поверхности коробки, чтобы исключить случайное включение станка. Здание оборудовано молниеотводом. На рабочем месте станочника расположен деревянный решетчатый настил, не имеющий сквозных металлических креплений (гвоздей, шурупов) [2]. К самостоятельной работе на станках допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу по электробезопасности не ниже I и соответствующую квалификацию.

Особое внимание должно быть обращено на соблюдение правил электробезопасности при работе на станках с ЧПУ, так как они сложны и насыщены большим количеством электрооборудования, пускорегулирующей аппаратуры, электронных устройств.

Тем не менее, согласно статистике, ежегодно в Беларуси от поражения электрическим током на производстве гибнут люди: в 2010 году погибло 16 человек; в 2011 - 21 человек; в 2012 - 9 человек; в 2013 году - 16 человек; в 2015 – 14 человек; в 2016 и 2017 погибло 19 и 6 человек

соответственно. [3-5]. При этом наиболее частыми причинами несчастных случаев на производстве, обусловленных наличием электрического тока, являются: необеспечение нанимателем безопасных условий труда работников и отсутствие контроля; несоблюдение требований и правил электробезопасности при допуске персонала к выполнению работ и при самом выполнении; неиспользование средств индивидуальной защиты; недостаточность технических мероприятий при ремонте и эксплуатации электрооборудования; несвоевременный и некачественный ремонт электроустановок и отсутствие их технического обслуживания; выполнение работ в состоянии алкогольного опьянения [3,4].

Статистика показывает, что в вопросах электробезопасности, несмотря на перечень эффективных технических мероприятий, достигнут устойчивый уровень смертельного травматизма. Поэтому для дальнейшего уменьшения количества несчастных случаев необходимо задействовать такие ресурсы, как личная мотивация сотрудников выполнять работы с соблюдением всех правил электробезопасности и осознавать ответственность за свою жизнь и жизнь своих коллег.

Список использованных источников

1. Из истории электробезопасности. 125-летию начала профилактики электротравматизма в России [Электронный ресурс]/ Габдрхманов Ф. И. – Казань, 2016. – Режим доступа <http://delta-grup.ru/bibliot/10/28.htm>– Дата доступа: 26.10.2018.
2. Богуславский Б.Л. Токарные полуавтоматы, автоматы и автоматизированные линии: 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: ПРОФТЕХИЗДАТ, 1961.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Министерство труда и социальной защиты. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by> – Дата доступа: 25.10.2018.
4. Будьте осторожны: В 2016 году в Республике Беларусь произошло 25 несчастных случаев от поражения электрическим током [Электронный ресурс] / Официальный сайт районной газеты «Голас Касцюкоўшчыны» - Костюковичи, 2018. - Режим доступа: <http://www.golk.by/budte-ostorozhny-v-2016-godu-v-respublike-belarus-proizoshlo-25-neschastnyx-sluchaev-ot-porazheniya-elektricheskim-tokom/> - Дата доступа: 31.10.2018.
5. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет РБ. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by> – Дата доступа: 25.10.2018.

Профессиональные заболевания офисных работников

Студенты гр.10505116 Малько Е.Ю., Костюченко А.С.
Научный руководитель – Кот Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Специфика работы офисных сотрудников сопряжена с воздействием определенных вредных производственных факторов, провоцирующих возникновение характерных профессиональных заболеваний.

Офисные работники подвержены постоянным психоэмоциональным нагрузкам. Наиболее частые последствия перегрузки нервной системы – хронический стресс и синдром хронической усталости. Находясь в состоянии хронического стресса, человек начинает испытывать тревогу, немотивированное снижение настроения, сонливость, рассеянность и раздражительность. Все эти симптомы приводят к ухудшению общего самочувствия, появляются головные боли, тахикардия, повышение артериального давления, боли неопределенного характера в спине или животе, снижение иммунитета и другие признаки хронического переутомления. Хронический стресс может приводить к развитию гипертонической болезни, инсультов, инфарктов, сахарного диабета, депрессии и многих других опасных заболеваний.

Синдром хронической усталости проявляется в снижении работоспособности, мышечных и головных болях, раздражительности. У людей с фоновыми заболеваниями сосудов (прежде всего – с артериальной гипертонией), ухудшающими кровоснабжение головного мозга, синдром хронической усталости возникает чаще и протекает тяжелее.

Сотрудники офиса вынуждены длительное время находиться в статичном положении. Долгая однообразная работа за компьютером или письменным столом сопровождается нагрузкой на одни и те же мышцы и на отдельные участки позвоночника. В результате могут развиваться такие заболевания как остеохондроз и остеоартроз, радикулит, сколиоз.

Длительная работа в сидячем положении опасна ещё одним неприятным осложнением – варикозным расширением вен. При этом в венах нижних конечностей скапливается излишнее количество крови. При сидячем положении её циркуляция нарушается, так как ноги согнуты в коленях. Если в таком положении находиться долго, то есть риск развития варикоза, тем более, если человек к этому предрасположен. В результате застойных явлений в нижних конечностях могут появляться кровяные сгустки. Миграция сгустков по кровеносной системе может привести к инфаркту миокарда или инсульту. Недостаточное кровообращение нижней части тела, обусловленное сидячим положением, опасно воспалением органов малого таза, простатитом, геморроем, тромбозом.

Наиболее характерным заболеванием работников, чья деятельность связана с работой за компьютером, является туннельный синдром запястья. Это вызвано неправильным изгибом руки при наборе на клавиатуре и манипулировании компьютерной мышью. Наибольшему риску подвергаются те, у которых при работе с клавиатурой кисть согнута на 20° и более по отношению к предплечью. В канале запястья происходит защемление срединного нерва из-за сдавливания утолщенными сухожилиями, что приводит к напряжению мышц, нарушению кровообращения, гипоксии и отёку нерва в запястном канале. В результате возникает боль или дискомфорт в руках: онемение или ослабление подвижности пальцев, покалывание в кисти, отечность в пальцах, сведение пальцев судорогой. По статистическим данным это заболевание выявляется у каждого шестого работающего за компьютером длительное время [1].

Около 20% офисных работников страдают от заболеваний органа зрения. Пересушенный кондиционером или отопительными приборами воздух и длительное перенапряжение зрения вызывают синдром сухого глаза. Синдром появляется в результате того, что глаз долгое время находится в напряженном состоянии, а человек, увлеченный работой, реже моргает. Это

приводит к резким болям и жжению глаз. За последние 10 лет у офисных сотрудников отмечается прогрессирующее близорукость вследствие ежедневного чтения мелкого текста, слишком яркой фоновой подсветки, бликов на мониторе, мерцания экрана и слишком близкого размещения у монитора компьютера.

Около 50% офисных работников, имеющих стаж более пяти лет, имеют проблемы с пищеварением и желудочно-кишечным трактом. Наиболее типичными заболеваниями являются хронический гастрит, язвенная болезнь, синдром раздраженного кишечника, колит [2].

Обилие бумаг, горизонтальных поверхностей столов, стульев, полок и шкафов, часто применяемые в офисах ковровые напольные покрытия способствуют повышенной концентрации пыли в воздухе, что, в свою очередь, провоцирует с течением времени появление у работников аллергических реакций. Наибольшую опасность представляет пыль от картриджей и прочей офисной техники. Оргтехника имеет особенность притягивать пыль, а при работе охлаждающих систем (встроенных вентиляторов) – выбрасывать ее опять в воздух. Такая пыль, имея малые размеры пылевых частиц, легче проникает в легкие, приводя к таким заболеваниям, как астма и силикоз.

Офисные помещения зачастую отличаются высокой плотностью размещения рабочих мест. Для того чтобы в теплый период года сделать пребывание сотрудников максимально комфортным, в офисе устанавливают кондиционеры. Наиболее часто при их эксплуатации используется режим снижения комнатной температуры, при этом воздух в помещении остается сухим. Низкая влажность приводит к пересыханию слизистой дыхательных путей, как верхних, так и нижних. Многие офисные работники жалуются на постоянную заложенность носа, ощущение сухости в горле, дискомфорта при дыхании и на сухой кашель. Кроме того, пересушенная слизистая облегчает внедрение вирусов, вызывающих респираторные инфекции.

Список использованных источников

1. Данилов А. Б., Курганова Ю. М. Офисный синдром // Русский медицинский журнал. – 2011. – № 30. – С. 1902.
2. <https://medportal.org/articles/ofisnyj-sindrom-zdorove-sotrudnikov-ofisov-trebuetsya-osebogo-vnimaniya329.html>.

Эргономика рабочего места менеджера

Студенты гр.10505116 Костюченко А.С., Малько Е.Ю.
Научный руководитель – Кот Т.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Оптимальную организацию рабочего места менеджера с точки зрения эргономики можно обеспечить с помощью комплексного подхода, позволяющего совместить планировку рабочего места с его оснащением, разработкой приемов и методов труда. Прежде всего, рабочее место должно отвечать требованиям безопасности труда и быть удобным и комфортным.

При организации рабочего места необходимо учитывать следующие составляющие:

- рабочую позу;
- возможность разместить на столе компьютер, документацию и материалы, необходимые для работы, вести записи;
- правильное освещение;
- цветовое решение помещения;
- внешние раздражители (микроклиматические условия среды, уровень шума и т.д.);
- пространство за пределами рабочего места.

Основную часть рабочего времени менеджер проводит в рабочей позе – сидя, поэтому особое место должно уделяться выбору рабочего кресла. Оно должно быть снабжено подлокотниками и подголовником, снимающими нагрузку с мышц плечевого пояса, иметь упругую спинку анатомической формы, элементы управления, позволяющие легко регулировать высоту и наклон сиденья, а также регулировку спинки по высоте и углу наклона. Важно, чтобы была возможность осуществлять все регулировки, находясь в положении сидя.

Эргономичное рабочее кресло должно обеспечивать соблюдение основных правил:

- поверхность стопы должна сформировать угол 90 град. с икрой, что достигается путем регулировки высоты сиденья;
- колени должны сформировать тупой угол с телом;
- подлокотники должны сформировать тупой угол между предплечьем и рукой;
- спинка должна быть немного отклонена назад, чтобы обеспечить нормальное функционирование внутренних органов.

Рабочий стол также является неотъемлемой частью рабочего места менеджера. Наиболее эргономичной формой стола признана криволинейная угловая форма. За счет вогнутости большая часть площади стола оказывается используемой, поскольку попадает в зону охвата руками, равную 35-40 см. Площадь столешницы должна быть не менее 1 м 20 см, высота от пола до столешницы, как правило, должна равняться рекомендованным нормами 72,5-74 см, глубина должна быть достаточной для того, чтобы расстояние до экрана компьютерного монитора было не менее 50 см. Следует обратить внимание на то, чтобы стол по возможности был регулируем по высоте. Это упростит подбор остальных частей рабочего места, таких как рабочее кресло, монитор, подставка для ног [1].

Для полноценной работы менеджера также необходимы разного рода надстройки, лотки, подставки, а также прочие функциональные аксессуары. Важно не загромождать ими рабочее пространство. Лучше использовать навесные полки или тумбочки на колесах, которые помогут организовать рабочее место по принципу «все под рукой», когда необходимые для ежедневной работы предметы находятся на расстоянии вытянутой руки. Такое расположение мебели позволяет исключить ненужные затраты энергии и направить все силы на выполнение своих обязанностей.

Освещение – еще один важнейший фактор, от которого зависят работоспособность и здоровье. Самым здоровым является естественное освещение. Чтобы его использовать, глу-

бина помещения не должна превышать 6 м. Оптимальным вариантом искусственного освещения является комбинированная система, сочетающая в себе прямой и рассеянный свет. Причем, обычным лампам "дневного света" (вредное влияние их мерцания с частотой 50 Гц давно известно) стоит предпочесть галогенные. Их свет более естественен и гораздо меньше утомляет глаза и нервную систему.

Цветовым решениям помещений зачастую уделяется второстепенное значение. Между тем, цвет – один из важнейших источников информации. Он перенасыщен символическими и эмоциональными качествами и настолько сильно влияет на психическое и физиологическое состояние человека, что игнорировать его значение нельзя. С помощью цвета можно изменять восприятие пространства. Визуально расширить площадь помещения можно светлыми холодными тонами – серо-голубым, жемчужным, водно-зеленым. Если же помещение большого размера, то подойдут ненасыщенные холодные и теплые цвета: светло-синий, светло-серый, бежевый, бледно-розовый. Спокойная гамма пастельных теплых тонов успокаивает и повышает работоспособность.

Для создания максимально комфортных условий на рабочем месте менеджера должны поддерживаться оптимальные параметры микроклимата: температура воздуха – 22-24 град. С, относительная влажность воздуха – 40-60%, обеспечить которые могут современные системы отопления и кондиционирования воздуха. Кроме того, современные системы кондиционирования способны обеспечивать и необходимую чистоту воздуха в помещении.

Деловое общение занимает большую часть рабочего времени менеджера, поэтому следует грамотно организовать рабочее пространство в помещении, чтобы его центр был свободным. В этом случае следует угловые столы располагать в четных углах офиса, а так же возле двух стен, где два угловых стола ставятся впритык друг к другу. Планировать помещение нужно так, чтобы сотрудники не мешали друг другу в процессе работы. В помещении не должно быть длинных путей. Рекомендуется, чтобы необходимая для работы оргтехника находилась под рукой. Вместе с тем, одновременное использование нескольких множительных аппаратов помимо создаваемого шума, отрицательно сказывается на чистоте воздуха. Решить эту проблему можно, используя отдельное хорошо проветриваемое помещение для размещения принтеров и копировальных машин.

Целесообразно организовать также зону отдыха с высокими столами для кофебрейков, чтобы была возможность проводить небольшое количество времени стоя.

С точки зрения эргономики, правильно организованное рабочее место менеджера влияет на повышение его производительности труда в течение всего рабочего дня в среднем до 25-30% [2].

Список использованных источников

3. Эргономика в дизайне среды. Учебное пособие. В.Ф. Рунге, Ю.П. Манусевич. – М.: Архитектура-С, 2016. – 328 с.
4. <http://gt-max.ru/jergonomika-ofisa-i-rabocheho-mesta/>.

Стресс на рабочем месте как глобальная проблема 21 века

Студентка гр. 10114115 Сорокина В.А.
Научный руководитель Наumenко А.М.
Белорусский национальный технический
университет
г. Минск

Согласно статистике, люди в течение жизни находятся на рабочем месте около 90000 часов. 80% из работающих недовольны условиями труда; 20% — считают, что условия труда на их рабочем месте являются основным источником стресса.

Растущая конкуренция, повышенные требования к эффективности труда и рабочему времени способствуют возникновению стресса. Стресс признан глобальной проблемой 21 века, влияющей на все виды деятельности как в развитых, так и в развивающихся странах.

Стресс не означает ухудшение здоровья, но является первым признаком болезненной физической и эмоциональной реакции. Более 13 миллионов рабочих дней ежегодно пропускается из-за болезней, вызванных стрессом. Пример заболеваний, вызываемых стрессом:

- сосудистые заболевания и болезни сердца (из-за повышенного давления и учащенного ритма сердца);
- воспаления (экзема, псориаз, язва и т.п., а также усугубление уже имеющихся);
- нарушение дыхания (клиническая астма);
- нарушение сна (как следствие чувство усталости и повышение риска травматизма);
- ожирение и диабет (привычка заедать стресс; накоплению жира способствует повышенное выделение гормона стресса — кортизола);
- головные боли, депрессия, тревога.

Самой стрессовой работой считается работа хирурга, коммерческого пилота, фотожурналиста, представителей рекламы и агента по недвижимости. Наименее стрессовой работой — работа секретаря, диетолога, астронома, системного аналитика и инженера-программиста.

Стресс — это болезненная физическая и эмоциональная реакция, вызванная нарушением равновесия между осознаваемыми требованиями и имеющимися ресурсами, и способностями людей удовлетворять этим требованиям. Ученые считают стресс частью эволюционного двигателя, т. к. он дал людям возможность выжить. В частности, стресс временно повышает осознание и улучшает физическую работоспособность.

Производственные факторы, вызывающие стресс, — психосоциальные риски, которые являются взаимодействием производственной среды, содержания труда и его организационных условий со способностями, потребностями, культурой работников, которые могут влиять на состояние здоровья, производительность и удовлетворенность работой.

Основными отрицательными факторами (стрессорами) в трудовой деятельности являются: неправильная планировка рабочих мест; наличие постоянного чрезмерного уровня шума, вибрации, вредных веществ, загазованность и др. Стресс является специфической реакцией человека на данные отрицательные факторы. Сильное и продолжительное воздействие стрессоров может стать причиной эмоциональных нарушений, поведенческих проблем, биохимических и нервно-гормональных изменений, что приводит к повышенной опасности психических или физических заболеваний. Так, например, акустический стресс, вызываемый громкими звуками, может привести к эпизодам синдрома удлинения от интервала QT (т.е. нарушению функции сердца). С другой стороны, если условия труда и человеческий фактор находятся в равновесии, то у персонала повышается мотивация, работоспособность и удовлетворенность трудом, укрепляется здоровье.

Со стрессом связаны как количественные (объем выполняемой работы), так и качественные аспекты нагрузки (сложность выполняемой работы). При наличии рядов опасных аспектов (например, монотонность работы, высокие требования к вниманию, противоречие

между требованиями и объемом выделяемых ресурсов) психологическое состояние работника также ухудшается.

При сменном графике работы возникновение стресса и усталости связано с нарушением суточных биоритмов, сокращением и ухудшением качества сна, равновесием между профессиональной и семейной жизнью.

Работник значительную часть рабочего времени проводит на рабочем месте. Именно тут при осуществлении своих трудовых функций он подвергается воздействию всей совокупности производственных факторов. Рабочее место как физическое пространство формирует комплекс специфических производственных факторов, влияющих на его психику, самочувствие, здоровье и работоспособность в целом.

При неправильном микроклимате на рабочем месте существенно возрастает вероятность наступления климатического стресса. Климатический стресс — состояние психического напряжения, возникающее у человека при длительном нахождении в трудных климатических условиях. Поэтому показатели микроклимата нормируются согласно Санитарным нормам и правилам «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиеническому нормативу «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» утв. Постановлением Министерства Здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.0213 №33.

Именно из-за вышеприведенных причин возникновения стресса на рабочем месте охрана труда уделяет внимание охране психического здоровья, позитивным аспектам здоровья и благополучия, а также организационным факторам, способным укрепить их.

В ходе детального изучения данного вопроса были выделены следующие факторы, снижающие вероятность возникновения стрессовых ситуаций:

- нормированный рабочий график;
- рабочей место, удовлетворяющее требованием охраны труда;
- наличие кабинетов релаксации, в которых работники могут отвлечься занятием спорта, просмотром позитивных видео, чтением, прослушиванием музыки, либо просто вздремнуть;
- обустройством комнаты психологической разгрузки (например, наличие массажных кресел);
- культура питания, нормируемый обеденный перерыв, наличие кофе-брейков;
- временное изменение графика работы (гибкие часы, дополнительное отпускное время и свободные субботы);
- бесплатные медицинские услуги для работников.

Как итог, хотелось бы отметить, что некоторые люди с легкостью могут адаптироваться к стрессу и длительное время выдерживать огромные нагрузки. Других людей небольшая нагрузка попросту способна выбить из колеи, а бывают и такие, которые в стрессовых условиях работают с полной отдачей. Поэтому основной задачей охраны труда является охрана здоровья, работоспособности и благосостояния персонала.

**Экономический эффект от затрат на мероприятия по охране труда
на предприятии ОАО «Оршаагропромаш»**

Студентки гр. 10302114 Банковская Е. А., Шаландо К. А.
Научный руководитель Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический
университет
г. Минск

Создание благоприятных условий труда является одной из важнейших государственных задач. Согласно законодательству, работник не несет никаких расходов на финансирование мероприятий по охране труда – оно осуществляется за счет: бюджетных средств государства; средств нанимателя; местных бюджетов, внебюджетных источников; добровольных взносов организаций и физических лиц.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда работодателями (за исключением государственных унитарных предприятий и федеральных учреждений) осуществляется в размере не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг). Затраты на разработку и внедрение мероприятий по улучшению условий труда подразделяются на единовременные и текущие (эксплуатационные).

Единовременные затраты (Зед), необходимые для осуществления мер по созданию здоровых и безопасных условий труда, могут быть капитальными и затратами, отражающимися в себестоимости продукции. Это затраты на проведение обследований условий труда и разработку мероприятий по их улучшению, на приобретение недорогостоящей оснастки и инвентаря, оборудования, на покраску стен и др.

Текущие (эксплуатационные) затраты (Зэ) периодически возобновляются в процессе производства в связи с необходимостью обеспечения постоянного действия мероприятий и списываются в установленном порядке на себестоимость продукции текущего года.

Создание благоприятных условий труда - одно из основных направлений охраны труда, поэтому на предприятии ОАО «Оршаагропромаш» регулярно разрабатывается и реализуется план мероприятий по улучшению условий труда и техники безопасности, ведется планомерная работа по предупреждению несчастных случаев и заболеваемости на производстве, обеспечения безопасных и здоровых условий труда и производственного быта, высвобождения с тяжелых физических работ.

Ежегодно в рамках указанных мероприятий проводят: аттестацию рабочих мест; оборудование кабинета охраны труда плакатами, наглядными пособиями, оформление уголков по охране труда; Дни охраны здоровья и безопасности труда; обучение, проверку знаний и инструктирование по вопросам охраны труда; разработку и пересмотр инструкций по охране труда; проведение всех видов контролей по охране труда; приобретение средств индивидуальной защиты и обеспечение ухода за ними. Для работы на опасных объектах проводят подготовку специалистов в области промышленной безопасности и обеспечение производственного контроля. Повышению ответственности и заинтересованности работников в соблюдении требований по охране труда на предприятии действует система управления охраной труда в соответствии с требованиями СТБ 18001 – 2009 (СУОТ). В рамках этой системы разработан план ликвидации аварий на опасных производственных объектах. По результатам аттестации рабочих мест по условиям труда и в соответствии с коллективным договором работникам обеспечены гарантированные законодательством компенсации.

На мероприятия по охране труда в 2018 году запланированы расходы в размере 130 тыс.рублей. За 9 месяцев 2018 г. затрачено 95 тыс. руб.: проведена реконструкция вентиляционных систем на участках изготовления стержней литейного цеха, сварщика и обработки текстолитовых лопаток кузнечно-механического цеха; проведена аттестация 16 рабочих мест; установлены ограждения у станков; внедрена конструкция пылеуловителей.

Таблица 1 - Статистические данные, характеризующие эффективность мероприятий по охране труда приведены в нижеследующей таблице.

Наименование	Количество
Число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших от несчастных случаев с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде (за год), тыс. чел.-дн.:	
до внедрения мероприятий	0,5
после внедрения мероприятий	0,4
Средняя дневная заработная плата одного рабочего, руб.	25
Коэффициент материальных последствий несчастных случаев для машиностроения	1,3
Число пострадавших от несчастных случаев, выбывших из производства (в течение года), чел.:	
до внедрения мероприятий	3
после внедрения мероприятий	1
Единовременные затраты на внедрение мероприятий, тыс. руб.:	
в предыдущем году	98
в отчетном году	130
Коэффициент экономической эффективности мероприятий по улучшению условий труда	0,08

Мероприятия позволили сократить потери рабочего времени. Исходя из того, то прибыль, создаваемая за день одним работающим, условно равна 1,4 среднедневной зарплаты, можно оценить материальную экономию по следующим статьям:

- условные потери прибыли, тыс. руб.: до внедрения мероприятий $P_{\text{усл}} = 500 \cdot 25 \cdot (1,3+1,4) = 33750$; после внедрения мероприятий $P_{\text{усл}} = 400 \cdot 25 \cdot (1,3+1,4) = 27000$.
- материальные последствия производственных несчастных случаев, тыс. руб.: до $M_{\text{п}} = 500 \cdot 25 \cdot 1,3 = 16250$; после $M_{\text{п}} = 400 \cdot 25 \cdot 1,3 = 13000$.
- годовая экономия, тыс. руб.: $\text{Э}_{\text{м.п}} = 16250 - 13000 = 3250$.
- годовой экономический эффект, тыс. руб.: $\text{Э}_{\text{г}} = 3250 - 0,08 \cdot 130 = 3239,6$.

На первый взгляд затраты на охрану труда кажутся большими (например, аттестация рабочего места 65-120 руб., обучение правилам охраны труда – 90 руб., медосмотр – 45 руб.), однако, проведенный расчет показывает, что эти затраты окупаются за счет уменьшения расходов предприятия, понесенных в результате наступления нетрудоспособности работников. Кроме того, КоАП РФ предусматривает наказание за нарушение законодательства о труде и охране труда, которое влечет наложение административных штрафов или приостановление деятельности на срок до 90 суток. При повторном выявлении нарушения предусмотрена и дисквалификация руководителя организации на срок от одного года до трех лет. Не исключается также возможность крупных выплат по гражданским искам работников. На это тоже расходуются средства предприятия. Наряду с этим следует иметь в виду, что работа в неблагоприятных условиях снижает производительность труда, качество продукции и услуг, страдает производственная дисциплина, падает культура, ухудшается организация управления компанией в целом.

Осуществление мероприятий по охране труда обуславливает расходы предприятия, однако, изучив и проанализировав экономический эффект от затрачиваемых средств, можно смело утверждать, что посредством этих мероприятий снижается ряд статей производственных расходов и повышается эффективность самого производства, продукция приобретает конкурентные преимущества, создается солидный имидж и, как следствие, повышается уровень доходов предприятия.

Источники электромагнитных излучений промышленной частоты. В производственных помещениях с большим количеством разного электрооборудования всегда имеется большое количество электропроводки, находящейся под постоянным напряжением. При этом она не всегда экранирована. Наличие железосодержащих конструкций и коммуникаций в зданиях создает эффект «экранированного помещения», что усиливает электромагнитный фон, не позволяя ему рассеиваться. Мощными источниками излучения электромагнитной энергии являются провода высоковольтных линий электропередач промышленной частоты 50 Гц.

Излучение бытовых приборов. Источником ЭМП в жилых помещениях является разнообразная электротехника – холодильники, утюги, пылесосы, электропечи, телевизоры, компьютеры и др., а также электропроводка квартиры. На электромагнитную обстановку квартиры влияют электротехническое оборудование здания, трансформаторы, кабельные линии. Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля промышленной частоты в жилых домах находится в пределах 1-450 В/м (при норме 500 В/м).

Гигиеническим нормативом «Предельно-допустимые уровни электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население» является Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 12.06.2012 №67, им установлены следующие ПДУ:

Место проведения измерений	Напряженность ЭП, Е, кВ/м	Напряженность МП, Н, А/м	Магнитная индукция, В, мкТл
Жилые комнаты	0,5	4	5
Подсобные помещения	0,5	8	10

Замеры напряженности магнитных полей от бытовых электроприборов показали, что их кратковременное воздействие может оказаться даже более сильным, чем долговременное пребывание человека рядом с линией электропередачи.

Наибольшее излучение ЭМП исходит от **холодильников** и **морозильников**. У обычного бытового холодильника поле выше предельно допустимого уровня (более 5 мкТл) возникает в радиусе 10 см от компрессора и только во время его работы. У холодильников, оснащенных системой "no frost", превышение предельно допустимого уровня можно зафиксировать на расстоянии 1 метра от дверцы.

Индукция магнитного поля от **электроплит** типа на расстоянии 20-30 см от передней панели составляет 1-3 мкТл. У конфорок, оно, естественно, больше. А на расстоянии 50 см уже неотличимо от общего поля в кухне, которое составляет около 0,1-0,15 мкТл. Неожиданно малыми оказались поля от мощных электрических **чайников**. Так, на расстоянии 20 см от чайника поле составляет около 0,6 мкТл, а на расстоянии 50 см неотличимо от общего электромагнитного поля в кухне.

У большинства **утюгов** поле выше 0,2 мкТл обнаруживается на расстоянии 25 см от ручки и только в режиме нагрева. Зато поля **стиральных машин** оказались достаточно большими: у пульта управления составляет более 5–10 мкТл, на высоте 1 метра - 1 мкТл, сбоку на расстоянии 50 см - 0,7 мкТл. Поэтому за работой автоматической стиральной машины не нужно наблюдать вблизи. Еще больше поле у **пылесоса**. Оно находится в пределе 50-100 мкТл. Впрочем, здесь тоже есть утешительное обстоятельство: пылесос обычно передвигают за шланг и находятся от него достаточно далеко. Максимальным значение ЭМП обладают **фены и электробритвы**. Их поле измеряется сотнями мкТл.

ЭМП бытовых приборов не зависит от размера, сложности, мощности таких приборов или уровня шума от них. Более того, сила магнитных полей может очень сильно различаться, даже если речь идет о вроде бы похожих приборах. Например, одни фены для волос окружены очень сильным полем, а другие вряд ли вообще создают какое-либо магнитное поле. Такая разница в отношении силы магнитных полей объясняется дизайном изделия.

В приведенной ниже таблице указаны обычные значения силы поля для ряда электроприборов, широко используемых дома, уровень воздействия которых зависит от модели прибора и расстояния от него.

Электробытовой прибор	На расстоянии 3 см (мкТл)	На расстоянии 30 см (мкТл)	На расстоянии 1 м (мкТл)
Фен для волос	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Электробритва	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Пылесос	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2
Электродуховка	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Стиральная машина	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Утюг	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Посудомоечная машина	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Компьютер	0.5 – 30	< 0.01	-
Телевизор	2.5 - 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15

Воздействие ЭМП промышленной частоты на организм человека. Эффект взаимодействия тканей тела человека с электромагнитным полем зависит от поглощенной тканями за определенное время энергии поля, т.е. дозы облучения. В основе взаимодействия лежит эффект преобразования энергии поля внутри организма в тепло. Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей с недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевого пузырь).

В условиях постоянного воздействия на рабочем месте ЭМП промышленных частот, превышающих предельно допустимые уровни, у работников могут наблюдаться: нарушения функций иммунной, сердечнососудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови. Возможны последствия на генетическом уровне. При местном воздействии ЭМП (прежде всего на руки) проявляются ощущение зуда, бледность, синюшность, отечность, уплотнение, а иногда ороговение кожных покровов.

Самый эффективный способ **защиты** – нахождение пользователей от прибора на безопасном расстоянии. Границы безопасных зон бытовых приборов, наиболее часто используемых в быту, приведены в таблице:

Телевизор	Холодильник	Стиральная машина	Утюг	Фен
1,5 м от экрана	0,1 м/1,0 м от дверцы	0,5 м от загрузочной дверцы	0,25 см от ручки	5 см

Следует отметить, что большинство производителей давно применяют собственные способы защиты изделий от электромагнитного излучения, благодаря чему поток излучения бытовых приборов значительно гасится в конструктиве изделий. К таким мерам относится применение металлизированных экранов и консолей, помещение функциональных сборок в специальный корпус. Для защиты комплектующих используются заградительные сетки и оплетки проводов с заземляющими контактами.

Одна из самых больших проблем в изготовлении литых заготовок большой массы и больших габаритных размеров является приготовление разовых формовочных смесей. Этот процесс связан с выделением в атмосферу пыли, а при заливке в песчано-глинистые формы горячего металла выделяется большое количество угарного газа. Основным составляющим этих угарных газов являются продукты сгорания связующих. В зависимости от химического состава связующего, эти газы в различной степени влияют на окружающую среду и на здоровье рабочего. Для снижения вредного воздействия на окружающую среду производственных предприятий, в частности литейного производства, на производственных участках применяются различного вида фильтры и очистители [1]. Однако эффективность применения дополнительных мер по очистке и фильтрации продуктов сгорания не превышает 50-60 %, а себестоимость выпускаемой продукции повышается за счет дополнительных мероприятий и приспособлений.

В лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета проводятся научно-исследовательские работы по применению биоцемента в различных секторах экономики. Например, для изготовления строительного бетона был апробирован биоцемент в качестве связующего. Как и формовочная смесь в литейном производстве, негативной стороной применения цемента при изготовлении бетона, является тот факт, что в атмосферу выделяется большое количество вредных выбросов. Это отрицательно влияет на окружающую среду, флору и фауну, а также сильно загрязняет водные ресурсы. Кроме того бетон, приготовленный традиционными методами даёт трещины: как в процессе затвердевания, так и по истечении времени [2]. Поэтому разработка нового состава раствора, позволяющего бетону самозатвердеваться, является перспективным направлением современного строительства. Разрабатываемый исследовательской группой Ташкентского государственного технического университета состав связующих для получения бетона может применён для изготовления форм из песчано-глинистых смесей в литейном производстве. Предварительные результаты исследований показали, что за счет применения биоцемента количество вредных веществ в составе продуктов сгорания снижается 10-12 %, повышается прочность формы на 20-22%, вместе с тем капитальные затраты при изготовлении формовочной смеси увеличиваются на 15-20 % [3].

Список литературы

1. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н., Шоазимова У.Х., Азларова М.Ш. Способ переплава алюминисодержащих композиционных материалов для получения качественной структуры. //Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 30–32.
2. Salokhiddin D. Nurmurodov, Alisher K. Rasulov, Nodir D. Turahadjaev, Kudratkhon G. Bakhadirov. Procedure-Technique for New Type Plasma Chemical Reactor Thermo-physical Calculations. American Journal of Materials Engineering and Technology Vol. 3, No. 3, 2015, pp. 58-62.
3. Н.Д.Тураходжаев, Ж.С.Камолов, Ф.Н.Тураходжаева, Т.Х.Турсунов, Ш.Б.Ташбулатов, Ш.М.Чоршанбиев. Тепловая схема плавки металла под слоем биологически активного флюса. Проблемы механики, №3,2018, С.-22-26.

**Промышленная безопасность потенциально опасного
производства стали в электропечах**

Студент Кадуха Н.М., доцент Онищенко С.А.
ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР

При работе в сталеплавильных цехах, безопасности производства уделяется большое внимание из-за сложных и тяжелых условиях труда, присущих этой технологии.

1. Главное правило при работе с жидким металлом и шлаком – не допускать их соприкосновения с водой и влажными материалами. Это особенно опасно, когда влажные материалы покрываются слоем металла (шлака). Поэтому сырьевые материалы: сыпучие, ферросплавы должны быть предварительно высушены или прокалены.

2. В стальных цехах широко используют газообразное топливо, кислород и другие газы. Большинство горючих газов могут сформировать взрывные смеси с воздухом. Особенно опасны в этом отношении коксовые газы, содержащие до 50% водорода и природный газ, состоящий в основном из метана. Доменный газ более устойчив к взрывам, но содержит высокие концентрации токсичного СО. В некоторых случаях технический кислород может быть опасен. Он имеет способность воспламенить, даже на комнатной температуре, различные масла и материалы, пропитанные ими. Поэтому работать с кислородом в жирной одежде невозможно. Даже чистая одежда, пропитанная маслами, в атмосфере кислорода может воспламениться от спички при курении. При эксплуатации газового хозяйства цеха необходимо постоянно контролировать герметичность газопроводов, исправность запорно-распределительной арматуры. На пути газовой проводки не должно быть застойных участков, все препятствия, где есть газовый клапан, должны хорошо вентилироваться. Утечки горючих газов контролируются специальными устройствами.

3. Над многими рабочими местами в цехе передвигаются мостовые краны с различными грузами, в том числе с жидким металлом. На рабочих площадках, в разливочных пролетах перемещаются завалочные машины, составы с шихтой и изложницами, ковши с жидким чугуном. В этих условиях, во избежание несчастных случаев, необходимо особое внимание работающих всем видам цехового транспорта. Краны, завалочные машины, самоходные тележки сталевозов и т.п. должны быть оборудованы визуальной и звуковой сигнализацией. В помещениях цеха предусмотрены габариты безопасности для свободного прохода работающих транспортных средств. Где это возможно, существующие механизмы изолируют от персонала. Для этого широко используются различные ограждения или даже отдельные помещения. Таким образом, ограждению подлежат приводы перекидных устройств, вентиляторы, различные лебедки, конвейеры, лифты. Когда операции выполняются с помощью мостовых кранов, необходимо стремиться к максимальной автономности их действий; переносить груз максимально без участия крановщиков. Для этого краны оснащены различными устройствами, способными самостоятельно захватывать грузы. При выполнении ручных такелажных работ необходимо четкое взаимопонимания машиниста крана и подкрановых рабочих.

4. Сталеплавильный цех относится к типу "горячих", процесс производства сопровождается очень большими тепловыделениями. Основная доля приходится на тепло, излучаемое жидким металлом и шлаком, плавящимися материалами, поверхностью огнеупоров; доля конвективного тепловыделения с массами горячего воздуха и газов значительно ниже. Основная защита от излучения – теплоизоляция поверхностей, экранов, ограждающих источник тепла. Уменьшает тепловое воздействие на организм человека и правильно подобранная одежда. В настоящее время толстую ткань и войлочные материалы, успешно заменяют спецодеждой с теплоотражающей поверхностью. Для защиты глаз от светового излучения высокотемпературных поверхностей используются светофильтры синего и фиолетового цветов. Большое значение имеет питьевой режим работников горячего цеха. Потери влаги, иногда весьма значительные, необходимо компенсировать за счет подсоленной газоды, кваса, минеральной воды и др. Ведутся исследования, как по разработке новых рецептов питьевых растворов, так и по рациональным режимам их потребления.

5. В сталеплавильных цехах много источников сильного шума: форсунки и горелки, кислородные фурмы, пароежекторные насосы, вентиляторы, движущийся транспорт. Шум от многих источников

устранить невозможно, но его интенсивность можно снизить—задача соответствующих служб завода. В частности, есть возможность звукоизоляции многих стационарных источников шума, вплоть до строительства отдельных помещений. В некоторых случаях необходимо применять индивидуальные средства защиты работающих от шума.

6. Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются электропечи, машины и механизмы с электрическим приводом. Рассматривая вопросы электробезопасности, необходимо привести схему электрозащиты, способную обеспечить безопасность работы электрооборудования, а также проанализировать условия применения и принцип работы системы сигнализации в случае возникновения опасности. Особое внимание следует уделять помещениям и наружным зданиям, в которых производятся, обрабатываются или хранятся взрывоопасные, пожароопасные материалы. Электроинструмент, переносные электрические лампы, понижающие трансформаторы и преобразователи частоты тока должны быть проверены на отсутствие замыкания на корпус, на исправность заземляющего провода и изоляции питающих проводов.

7. Выбросы электродуговых печей состоят из токсичной и нетоксичной пыли, содержащей оксиды железа, цинка, меди, свинца, диоксида хрома, оксиды и диоксида кремния, а также газов (оксиды углерода, диоксида серы и азота).

Электросталеплавильное производство является одним из производств, выбрасывающих большое количество пыли и других загрязняющих веществ. Величина этих выбросов зависит от применяемого сырья, технологического режима плавки, использования интенсификаторов и способа отвода газов от печи. Эффективность очистки от пыли повышают путем последовательной установки пылеуловителей разного типа, например, сначала для улавливания грубой фракции пыли устанавливают циклон, а за ним тканевый фильтр.

Большое распространение в последние годы получили мокрые пылеуловители. Разновидностью мокрых пылеуловителей являются конденсационные установки, удаляющие пыль из потока газа, насыщенного водой. Принцип их действия основан на быстром снижении давления газа, приводящем к испарению воды. Вследствие этого часть водяного пара конденсируется на витающих пылинках, а последние, смачиваясь и утяжеляясь, могут быть легко отделены от газа в каком-либо простейшем устройстве, например циклоне.

Более эффективное улавливание пыли достигается в электрическом фильтре (сухой способ). К коронирующим и осадительным электродам фильтров подводят постоянный ток высокого напряжения. Очищаемый поток газов проходит через пространство между электродами и основная масса взвешенных частиц, заряжающихся под действием коронного разряда (сопровождается голубоватым свечением и потрескиванием), осаждаются на осадительных электродах. Путем встряхивания пыль удаляется в бункер, жидкая фаза загрязнений стекает.

8. Зона работы печей в сталеплавильном отделении должна быть огорожена досками, закрывающими проемы между корпусом и рабочей площадкой. Началу плавки, повороту печи должны предшествовать звуковые сигналы, предупреждающие обслуживающий персонал. Все операции по управлению плавлением инициируются дистанционно с помощью специальных пультов. Перемещение составов с шихтой по рабочей площадке производится с небольшой скоростью в присутствии специально выделенных людей. Завалочные машины во время движения должны автоматически подавать звуковые сигналы. Габариты безопасности и пространство между рельсами завалочной машины нельзя занимать посторонними предметами. Перед началом завалки шихты сталевар обязан тщательно осмотреть лом, обращая особое внимание на качество его укладки, наличие взрывоопасных предметов. Сталеразливочные и промежуточные ковши в разливочных пролетах должны подаваться на плавку с исправной футеровкой, хороши просушенными, с тщательно установленным стопором (шибером). Стопоры (шиберы) сталеразливочного и промежуточных ковшей следует оборудовать средствами дистанционного управления. Необходимо тщательно контролировать системы охлаждения кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения. При появлении течи в полости кристаллизатора возможны проникновение воды под корочку слитка и выброс жидкого металла из кристаллизатора.

Промышленной безопасности производства чугуна уделяется большое внимание из-за сложных и тяжелых условий труда, присущих этой технологии.

Характеристика вредных веществ, выделяющихся при выплавке чугуна:

Азот и его соединения — развивается токсический отек легких «синего» или «серого» типа. Сразу после вдыхания появляется небольшой быстро проходящий кашель, отмечаются першение в горле, боли за грудиной, обусловленные раздражением слизистой оболочки дыхательных путей.

Оксид углерода — хроническая интоксикация характеризуется расстройствами функции центральной нервной системы. Могут отмечаться боли в области сердца, повышение артериального давления.

Пыль — это твердые частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Средний размер этих частиц составляет 11-51 мкм. В атмосферу Земли ежегодно поступает около 11 куб. км пылевидных частиц искусственного происхождения. Большое количество пылевых частиц образуется также в ходе производственной деятельности людей. Пыль обладает раздражающим, аллергическим, токсическим и фиброгенным действием. У рабочих металлургического производства частые жалобы на насморк, чихание, кашель, сухость в горле, головную боль. Аллергические заболевания дыхательных путей встречаются чаще у рабочих с большим стажем (в среднем после 8 лет работы).

Таблица 1 – Характеристики вредных веществ

Наименование	Предельно допустимая концентрация (максимальная разовая) мг/м ³	Предельно допустимая концентрация среднесуточная мг/м ³	Класс опасности
Оксиды азота	0,400	0,060	3
Оксид углерода	5,000	3,000	4
Пыль коксовая и агломерационная	10,000	7,500	4
Сернистый ангидрид	0,500	0,050	3
Углеводороды	1,000	-	4

Мероприятия по достижению безопасных условий работ

Колошниковые газы: имеют высокую теплоту сгорания, используются в качестве топлива в самих же доменных печах, в коксовых печах, в нагревателях, в котельных и т.д.

Чтобы минимизировать проблемы, связанные с эксплуатацией сжигающих устройств, в повседневной практике используют высокоэффективную газовую очистку.

Более старые печи обычно работают при давлениях, изменяющихся от 0,025 до 0,05 МПа, а более современные печи могут работать при давлениях до 0,3 МПа. В печах, в которых используют невысокие давления, чаще применяют мокрые электрофильтры, за которыми следует скруббер Вентури, чтобы можно было получить желаемую чистоту газа. При использовании скруббера Вентури можно достичь содержания аэрозолей на выходе до 5 мг/м³ при перепаде давлений, характерных для печей с высоким давлением.

Выпуск чугуна

Основная трудность, которая связана с отсосом аэрозолей, возникающих в процессе плавки металла, состоит в большой длине литникового хода, над которым и образуются выбросы плавильного производства; особенно это касается печей большой емкости. В современных печах часто используют наклонные литниковые ходы, что позволяет сократить его длину вдвое, при этом сокращается и площадь, с которой происходит испарение. Хорошо герметизированное покрытие над литниковым ходом мешает подводу кислорода и ограничивает образование аэрозольных загрязнений из продуктов испарения. Для ограничения посту-

пления кислорода можно обдувать поверхность металла паром или горячими газами. Проектная производительность прокачки воздуха вытяжных устройств улавливания отработанных газов (укрытие литникового хода в литейном цехе доменного производства) приведена ниже:

Вытяжка над леткой -250 тыс. м³ /ч.

Укрытие литникового хода от летки -190 тыс. м³ /ч.

Шлакоотделитель -184тыс. м³ /ч.

Наклонный литниковый ход чугуна 310 тыс. м³ /ч.

На предприятии «Кобе Стил» в Японии на крыше литейного цеха установили мокрый электрофильтр. Продукты испарения через электрофильтр выносит естественная тяга. Это позволяет отказаться от применения газоходов и вентиляторов.

Поскольку температура газа, который улавливается местными вытяжными устройствами, как правило, не превышает 90°, вполне подходящими устройствами для очистки газов от загрязнений могут быть рукавные фильтры и электрофильтры.

Охлаждение шлака

Использование воды для охлаждения шлака приводит в результате к выбросам H₂S. Может быть достигнуто 50% -ное сокращение выброса H₂S, если в воду, предназначенную для охлаждения, добавить 100 млн-1 КМпО₄. Было получено 88% -ное сокращение выброса H₂S после трехдневного охлаждения на воздухе с последующим добавлением в охлаждающую воду КМпО₄ концентрацией 100 млн. – 1.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

1. При наличии в системе течи, угрожающей жизни обслуживающего персонала, необходимо немедленно перевести систему испарительного охлаждения на охлаждение технической водой.

2. При аварийном выходе из строя водоводов питательной воды необходимо:

снять давление системы испарительного охлаждения шиберов воздухонагревателей и печей;

закрыть задвижки на двух вводах питательной воды в галереи;

открыть задвижки от водовода технической воды;

закрыть дренажные вентили.

3. Во время ликвидации аварии на производстве, при небольших по площади ожогах первой и второй степени и персонала наложите осторожно на обожженный участок стерильную повязку. Если на человеке загорелась одежда, набросьте быстро на него пальто, куртку, любую плотную ткань или сбейте пламя водой. При необходимости, прилипшую к обожженному участку тела одежду или обувь не срывайте, а разрежьте ножницами и осторожно снимите, не повреждая кожу, а затем наложите стерильную повязку и отправьте пострадавшего в лечебное учреждение. При тяжелых и обширных ожогах заверните пострадавшего в чистую простынь или ткань, не раздевая его, укройте потеплее, напоите теплым чаем и создайте покой до прибытия врача.

4. Требования безопасности по окончанию работы

- Приведите в порядок рабочее место, уберите с оборудования инструмент, приспособление в отведенное для них место.

- Уходя с рабочего места, убедитесь в отсутствии.

- При сдаче смены сообщите мастеру и своему сменщику о замеченных вами неполадках оборудования, аппаратуры, средств вентиляции и освещения.

- Соблюдайте правила личной гигиены: вымойте руки теплой водой с мылом, при необходимости примите душ. Не мойте руки и другие части тела растворителями (бензином, ацетоном и т.д.)

- Об уходе домой сообщите мастеру.

Проблемы охраны труда и пути их решения в металлургической отрасли

Студент группы МИД-16 Ермолаева А. А.

Научный руководитель Савченко Т. А.

Донецкий национальный технический университет

г. Донецк

Ежегодное мировое потребление металлов и мировой металлофонд составляют около 800 млн. т и около 8 млрд. т., соответственно. Исходя из этих прогнозов, можно предположить, что и далее металлы останутся основными конструкционными материалами, так как по своим свойствам, экономичности производства и потребления не имеют себе равных в большинстве сфер применения. Следовательно, необходимо тщательное рассмотрение охраны труда и промышленной безопасности в данной отрасли.

В последнее время в металлургической отрасли прослеживается ряд проблем: износ основных средств работы, большой срок окупаемости по сравнению с другими видами деятельности, инвестициями в строительство, реконструкций, техническим перевооружением, модернизацией металлургических производств; низкая квалификация работников опасных производственных объектов вследствие вредных и тяжелых условий труда, низкой заработной платы, высокой текучести кадров. Все это приводит к нарушению технологических процессов, норм и правил безопасности, инструкций по охране труда.

Также нередки случаи несоблюдения сроков устранения повреждений зданий и сооружений, выявленных при проведении экспертизы промышленной безопасности, эксплуатация опасных производственных объектов устройства не аттестованными в установленном порядке рабочими и эксплуатация технических устройств с истекшими сроками проведения экспертизы промышленной безопасности.

Ежегодно в промышленности во всем мире происходит более 50 млн. несчастных случаев, которые уносят жизни более 100 тыс. человек и вызывают профессиональную инвалидность 1,5 млн. рабочих.

Формирование безопасных и безвредных для здоровья трудящихся рабочих мест является одной из неотложных задач настоящего времени. Это обусловлено еще и тем, что высокий уровень производственного травматизма и профессиональной утраты, растущая численность инвалидов труда, низкая продолжительность жизни у многочисленных групп трудящихся, занятых на рабочих местах с вредными условиями труда, крайне разрушительно действуют на демографические процессы и воспроизводство трудовых ресурсов.

Согласно правилам охраны труда в металлургической промышленности, управление охраной труда направлено на решение этих и многих других задач. Основными из них являются: обеспечение единой технической политики в области охраны труда в черной металлургии; обеспечение безопасности производственных процессов, производственного оборудования, зданий и сооружений, трудового процесса; повышение оснащенности техническими средствами безопасности; нормативное обновление и ремонт технических средств охраны труда; внедрение технических решений по эргономике и промышленной эстетике; совершенствование производства и труда; повышение квалификации работающих в области охраны труда; внедрение оптимальных режимов отдыха и труда работающих; обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты; организацию лечебно-профилактического обслуживания работающих. Решение задач управления охраной труда в отрасли обеспечивается взаимодействием подразделений и служб на всех уровнях управления.

Введение в эксплуатацию новых и реконструированных объектов, изготовление и передача в производство образцов новых машин, механизмов, оборудования и других средств производства, внедрение новых технологий должны отвечать требованиям действующих нормативно-правовых актов.

Условия работы на рабочем месте, безопасность технологических процессов, работа машин, механизмов, оборудование и других средств производства, состояние средств кол-

лективной и индивидуальной защиты, а также санитарно-бытовые условия труда должны отвечать требованиям действующих нормативно-правовых актов.

Работник имеет право отказаться от порученной работы, если создалась производственная ситуация, опасная для его жизни или здоровья, для людей, которые его окружают, для производственной среды или окружающей среды. Он обязан немедленно сообщить об этом непосредственно руководителю или работодателю.

Положение о системе управления охраной труда в черной металлургии четко определяет обязанности руководителей по созданию безопасных условий на всех уровнях управления — от директора предприятия до мастера, а также устанавливает обязанности в этой области непосредственных исполнителей работ, т. е. рабочих. Рабочие обязаны: перед началом смены прибыть на сменно-встречное собрание и получить задание на производство работ; перед началом работы тщательно осмотреть свое рабочее место, проверить исправность оборудования, инструмента, вентиляции и освещения, защитных приспособлений и устранить выявленные при этом нарушения.

Эти и другие правила охраны труда нацелены на обеспечение безопасности работников металлургической промышленности. Требования промышленной безопасности необходимо соблюдать в полном объеме: здания и сооружения, технические устройства предприятия металлургии, как опасного производственного объекта, должны соответствовать установленным в специальных нормативных документах требованиям. Комплекс организационных и технических мер по соблюдению требований промышленной безопасности гарантирует стабильность технологического процесса и сводит к минимуму вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Список использованных источников

1. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охраны труда в металлургической промышленности (Утверждено: приказом Госгорпромнадзора N 289 от 22.12.2008 г.). - 22.12.2008 г. - №289.
2. Максимович, А. П. Управление условиями и охраной труда при переходе к рыночным отношениям : На примере черной металлургии : автореф. дисс. ... к-та эконом. наук: 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством / А. П. Максимович. - М. - 2001. - 154 с.
3. Фомичева, О. А. Оценка производственной безопасности металлургического производства : автореф. дисс. ... к-та техн. наук: 05.26.01 - Охрана труда (по отраслям) / О. А. Фомичева. – М. 2010. – 163с.
4. Система управления охраной труда в черной металлургии [Электронный ресурс]: URL: Аэрология и техническая безопасность : http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/
5. Металлургия : особенности надзора ,2011 - № 6 (56).

Анализ влияния состава газа на работу тепловых агрегатов

Ромашко А.Ю., Гридин С.В., Безбородов Д.Л.
Донецкий национальный технический университет

На данный момент в мировом рейтинге значимых и сложных в решениях проблем, проблемы теплоэнергетики занимают первые позиции. Вопросы влияния разного состава газа на коэффициент полезного действия (КПД) котлов являются актуальными. Хотя и существует множество котельных, где этот вопрос не стоит так остро, поскольку они работают на твердом топливе, но в нашем регионе функционирует большое количество котельных, работающих на газообразном топливе, и они также столкнулись с данной проблемой.

Коэффициент полезного действия котельного агрегата определяют как отношение полезной теплоты, пошедшей на выработку пара (или горячей воды), к располагаемой теплоте (теплоте, поступившей в котельный агрегат). На практике не вся полезная теплота, направляется потребителям, часть теплоты расходуется на собственные нужды.

Методик определения КПД котлов большое количество, но мы выделим метод приведенных характеристик топлива, предложенный С.Я. Корницким, обобщенный метод М.Б. Равича и методику по приведенным характеристикам топлива Я.В. Пеккера.

Рассмотрим эти методики подробнее на конкретном примере. При анализе влияния содержания природного газа на КПД котла ДКВР-6,5/13 за базовый состав газа принимаем природный газ Ямбургского месторождения, а далее состав каждого компонента газа увеличиваем и уменьшаем на 5%. Расчет состава газа представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет состава природного газа

Состав газа, %								Теплота сгорания, кДж/м ³
СН ₄	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	С ₅ Н ₁₂	СО ₂	Азот	Σ=	Q ^н _р
90,440	0,060	0,010	0,002	0,199	0,518	8,763	99,99	32718,752
91,392	0,054	0,009	0,002	0,179	0,466	7,891	99,99	33025,588
92,344	0,048	0,008	0,002	0,160	0,415	7,018	99,99	33332,423
93,296	0,042	0,007	0,001	0,140	0,363	6,145	99,99	33639,259
94,248	0,036	0,006	0,001	0,120	0,312	5,273	100,00	33946,094
95,2	0,03	0,005	0,001	0,1	0,26	4,4	100,00	34252,930
96,152	0,024	0,004	0,001	0,080	0,208	3,527	100,00	34559,766
97,104	0,018	0,003	0,001	0,060	0,157	2,655	100,00	34866,601
98,056	0,012	0,002	0,000	0,041	0,105	1,782	100,00	35173,437
99,008	0,006	0,001	0,000	0,021	0,054	0,909	100,00	35480,272
99,960	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,037	100,00	35787,108

При расчетах обратным методом КПД в большей мере зависят именно от теплоты сгорания топлива (рисунок 1.1).

При расчете КПД по методике приведенных характеристик Я.В. Пеккера на КПД влияют потери теплоты в котлоагрегате с химическим недожогом q_3 (рисунок 1.2).



Рисунок 1.1 – Зависимость КПД котла от теплоты сгорания топлива (согласно обратного метода).

А на базе высшей теплоты сгорания газа (метод обратного баланса) на результат влияют потери теплоты топлива с уходящими газами и потери теплоты топлива вследствие химической неполноты сгорания топлива (рисунок 1.3).

Результаты расчета КПД котла по разным методикам в зависимости от низшей теплоты сгорания природного газа представлены на рисунке 1.4.



Рисунок 1.2 – Зависимость КПД котла от потерь с химическим недожогом.

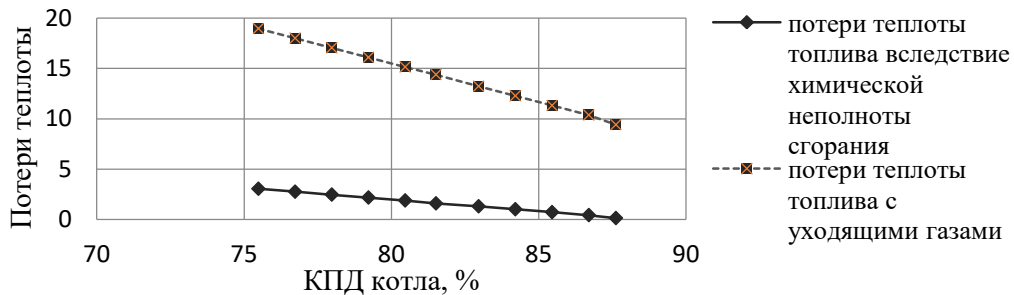


Рисунок 1.3 – Влияние потерь теплоты топлива с химическим недожогом и уходящими газами на КПД котла.

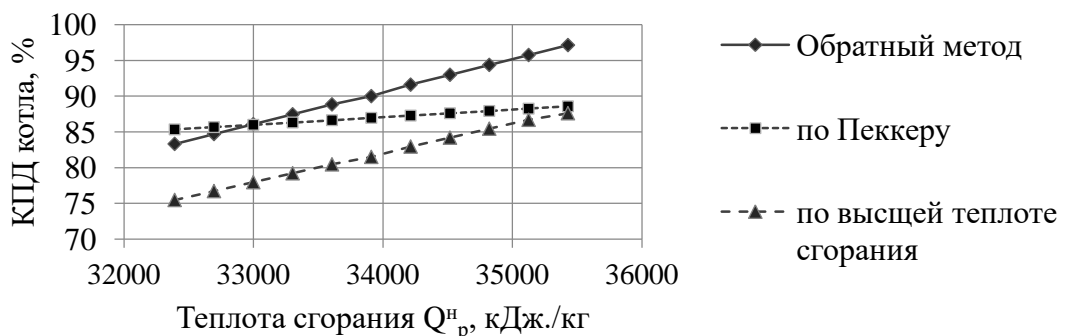


Рисунок 1.4 – Расчет КПД котла по разным методикам в зависимости от низшей теплоты сгорания природного газа

Таким образом, применение различных методик определения КПД котлов позволяет в каждом конкретном случае учесть влияние основных определяющих факторов процесса сжигания топлива и определить выбросы в окружающую среду.

Химические технологии и процессы

Об эффективности абсорбционных холодильных машин

Магистрант гр.106М-17 Вахобов Б.Б., научный руководитель Каримов К.Ф.
Ташкентский государственный технический университет

Для решения проблемы энергетического кризиса было много предложений: утилизация отработанной энергии, развитие новых циклов, разработка эффективных теплообменников и автоматики абсорбционных холодильных машин. Особенно, для газосжигающей, двойной эффективностью машины с водным раствором бромистого лития, которая составляет самую большую часть в рынке, были проведены многочисленные исследования. Улучшение теплоэнергетических характеристик достигается применением вспомогательных теплообменников, увеличением разности между концентрациями слабого и крепкого раствора [1].

В работе [2] показано влияние двойного эффекта абсорбции бромистого лития/вода на характеристики холодильной машины. Экспериментальный стенд включал в себе, главным образом, генератор высокой температуры (HTG), генератор низкой температуры (LTG и HC), абсорбер (ABS), испаритель (EVA), конденсатор (CON) и два теплообменника раствора (HSX и LSX). Слабый раствор из абсорбера закачивается в высокотемпературный генератор, возвращая тепло в LSX и HSX. В высокотемпературном генераторе генерируется водяной пар и увеличивается концентрация бромистого лития. В низкотемпературном генераторе раствор становится более концентрированным из-за конденсации водяного пара в HC. Водяной пар, генерированный в низкотемпературном генераторе, конденсируется и подается в испаритель. В испарителе достигается эффект охлаждения и испаренный пар поглощается в раствор в абсорбере. Опыты показали, что теплообменники раствора при повышении их эффективностей больше влияют на характеристики машины, чем конденсатор, абсорбер, испаритель и низкотемпературный генератор. При неизменных эффективностях теплообменников, увеличение разности концентраций от 6% до 10% приведет к увеличению холодильного коэффициента от 1,147 к 1,191. Эффект теплообменников раствора и разности концентраций приведен в табл.1. В работе не указывается метод повышения эффективности теплообменных аппаратов.

Таблица 1 - Влияние разности концентраций

		Базовый цикл	Улучшенный цикл	
Разность концентраций		6%	6%	10%
Эффективность LSH		0,74	0,90	0,9
Эффективность HSX		0,77	0,90	0,9
Соотношение коэффициентов теплопередачи, $\frac{k}{k_{\text{базовый}}}$	LSH	1	2,37	1,08
	HSX	1	2,29	1,11
	CON	1	0,97	0,96
	ABS	1	0,95	1,44
	EVP	1	1,00	1,87
	LTG	1	1,04	1,06
Холодильный коэффициент		1,032	1,147	1,191

В абсорбционных холодильных машинах абсорбер имеет наибольший объем и массу. В [3] предложено уменьшение размеров аппарата применением теплообменных труб малого диаметра взамен стандартных. Исследованы трубы диаметром 15,88; 12,7; 9,52 мм. Как показывают результаты опытов, тепловой поток в абсорбере увеличится с увеличением расхода раствора. Тепловой поток, также увеличится с уменьшением диаметра. В опытах с трубой 15,88 мм значение числа $Re_f = 20$ и расход охлаждающей воды 10 л/мин, тепловой поток 8165,41 Вт/м². При диаметрах трубы 12,7 и 9,52 мм, тепловой поток на 1% и 6% выше соответственно. Количество поглощенного в растворе пара увеличится с увеличением расхода раствора. Кроме того, массовый расход увеличится с уменьшением диаметра трубы. Повы-

шение количества массы составляет 10% и 16% для трубы 12,7 и 9,52 мм соответственно. Тепловой поток увеличится с увеличением расхода охлаждающей воды, но увеличение теплового потока становится медленнее когда расход охлаждающей воды увеличится больше 10 л/мин. Тепло- и массообменные характеристики трех труб различного диаметра сравнены сопоставлением холодопроизводительностей трех различных абсорберов, которые имеют одинаковые объем и перепад давлений труб, но различные диаметры. Холодопроизводительность увеличится с уменьшением диаметра трубы. При диаметре трубы 15,88 мм, межосевое расстояние – 17 мм, перепад давления 3,448 Па и холодопроизводительность 70,34 кВт. При диаметрах труб 12,7 мм и 9,52 мм межосевое расстояние 14,6 мм и 12,16, тогда холодопроизводительность 76,95 и 83,81 кВт соответственно. Это значит, что при диаметрах труб 12,7 мм и 9,52 мм холодопроизводительность на 9,4% и 19,2% выше соответственно, чем холодопроизводительность труб диаметром 15,88 мм. По заключению авторов [3], наилучшую тепло- и массообменную характеристику имеет труба с диаметром 9,52 мм. Обратим внимание на то, что замена труб большого диаметра на маленькие привлечет к изменению в технологии изготовления аппарата и конструкции – меняется трубная решетка.

Анализируя вышеупомянутых и других работ, можно ставить задачу для дальнейшего исследования для развития абсорбционных машин. Исследование и разработка эффективных теплообменных аппаратов, абсорберов является актуальной проблемой химической технологии, холодильной техники. Применение нами предложенной теплообменной поверхности [4] может повысить энергетическую эффективность холодильной машины, интенсифицируя теплообмен в аппаратах и/или сократить массогабаритные характеристики абсорбера. При этом не нарушается технология изготовления теплообменников и абсорбера. Такие поверхности исследованы нами в конденсаторе, испарителе пароконденсационных холодильных машин [5] и абсорберах химических производств.

Использованная литература

1. Lee S.W., Kim M.S., Jeong S., Cho H.U., Nam S.Ch., Jeong J. Systematic approach for improvement of double effect LiBr/H₂O absorption chillers // Proc. of the 3 rd Asian Conference on Refrigeration and Air-conditioning. Gyeongju, Korea. May 21-23, 2006. Vol. 1. pp. 245-249.
2. Kaita Y. Thermodynamic properties of lithium bromide-water solution at high temperature // International Journal of Refrigeration, No24, 2001. pp. 374-390.
3. Phan T.T., Moon Ch.G., Yoon J., Kim J.D., Kang K.Ch. Study on high performance and compact absorber using small diameter heat exchanger tubes // Proc. of the 3 rd Asian Conference on Refrigeration and Air-conditioning. Gyeongju, Korea. May 21-23, 2006. Vol. 1. pp. 341-344.
4. Заявка на патент РУз IAP 20170004. Карбонизационная колонна. Нурмухамедов Х.С., Закиров С.Г., Каримов К.Ф., Мавланов Э.Т. и др.
5. Каримов К.Ф. Совершенствование теплообменных аппаратов и машин холодильной техники // Дисс. на соис. докт.тех.наук. Ташкент. 2016 г.

Трансформации кубической ячейки при полиморфных превращениях

Студенты гр. МЦМск-16 Трубухин В.О. Колодин И.И.

Научный руководитель Корицкий Г.Г.

Донецкий национальный технический университет

г. Донецк.

Все металлы являются кристаллическими телами, имеющими определенный тип кристаллической решетки. Различают несколько типов решеток. Наиболее привлекательными для описания и анализа являются кубические решетки. Металлы, чаще всего, кристаллизуются в относительно сложных кубических решетках - объемно центрированной (ОЦК) и графичесентрированной (ГЦК).

Сами по себе эти кристаллические решетки особого интереса не представляют. Но, претерпевая полиморфные превращения, задают ряд вопросов. Например, как перестраивается решетка одного и того же металла с изменением базиса (количества атомов, приходящихся на одну ячейку) ровно вдвое? Насколько изменяются параметр и объем решетки в процессе такого полиморфного превращения?

Для ответа на эти вопросы выбрали данные о полиморфных превращениях металлов, включающих схемы переходов ОЦК-ГЦК или ГЦК-ОЦК, а также ГЦК-Гексагон. Источником информации служил пятитомник «Химическая энциклопедия» [1]. Исходные данные были сгруппированы таким образом, чтобы сохранить характер изменения базиса ячейки. Оценивали величину параметра «а» элементарной ячейки и ее объем. Отмечено, что отношение «с/а» у всех гексагональных ячеек выборки составляет величину 1,57...1,63.

Результаты анализа собранных данных приведены на рисунке. Были сопоставлены значения параметров «а» исходных (кубических) ячеек и конечных (после полиморфного превращения), а также объемы указанных ячеек. Для графического представления результатов анализа использовали программу «Advanced Grapher».

Представленные данные показывают, что в результате полиморфного превращения ОЦК-ГЦК параметр кристаллической решетки увеличивается в среднем на 25%, что приводит к увеличению объема ячейки в среднем на 89%...98% - почти вдвое. В результате полиморфного превращения ГЦК-ОЦК параметр кристаллической решетки уменьшается в среднем на 25%, что приводит к снижению объема ячейки в среднем на 89%...98% - почти вдвое. В итоге следует ожидать соответствующего изменения объема металлического образца в момент полиморфного превращения. Однако, как известно, такого эффекта не наблюдают, хотя расчетная плотность ячейки при этом изменяется всего лишь на 1%...6% несмотря на то, что базис в каждом из этих процессов изменяется вдвое (на 100%).

Полиморфный переход кубической ячейки в гексагональную сопровождается значительным уменьшением величины параметра «а» при практически постоянном объеме. Величина базиса ячейки в этих случаях не изменяется.

Исходя из конструкции решеток ОЦК, ГЦК и гексагональной, эффект полиморфного превращения должен сопровождаться значительным переносом массы, отображающим, с одной стороны, изменение конфигурации решетки и увеличение ее базиса вдвое, а с другой – увеличение ее объема тоже почти вдвое. Противоречие между ожидаемым эффектом и реальным поведением материала можно объяснить переориентацией связей между атомами в кристаллической решетке, которые остаются на своих прежних местах, а изменения объема ячейки могут быть связаны с возможным поворотом атомов, очертания которых наверняка отличаются от сферических.

На рисунке показана связь между значениями параметров кристаллических решеток ОЦК, ГЦК и Гексагональной, принимающих участие в полиморфных превращениях. Между начальными и конечными значениями параметра «а» решетки, а также между значениями параметра и объема сохраняется практически линейная зависимость во всех рассмотренных случаях.

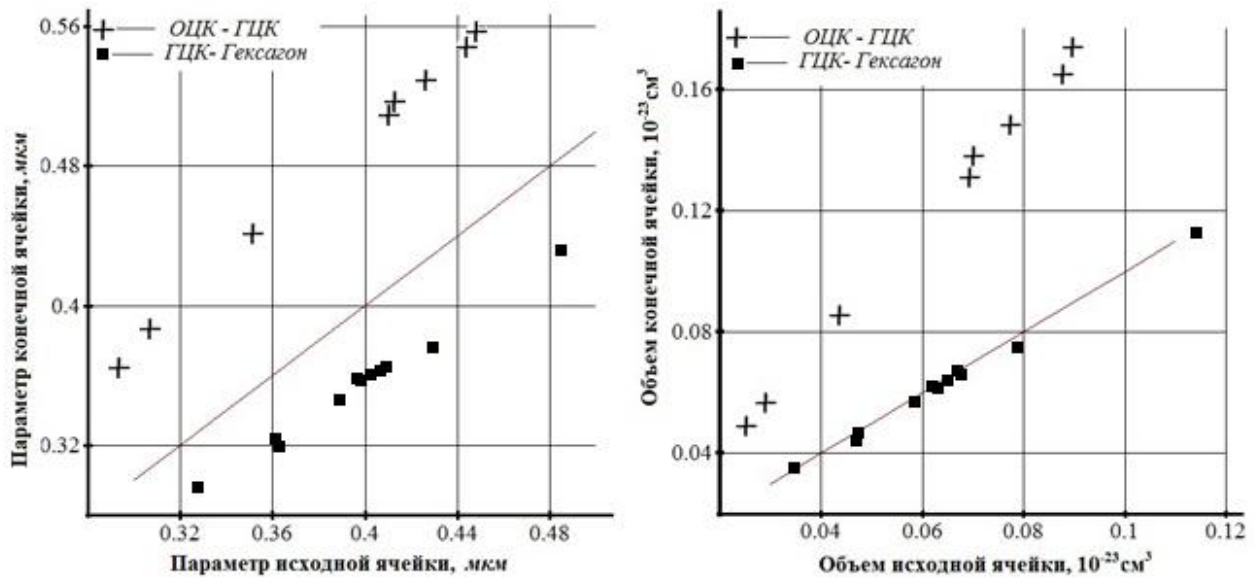


Рисунок 1- Трансформации кристаллических ячеек металлов в результате полиморфных превращений

Выводы.

1. Вне зависимости от природы металла, параметр кристаллической ячейки в результате полиморфного превращения ГЦК-ОЦК увеличивается на 24...26%, а при переходе ГЦК-Гексагон уменьшается на 9...11%;
2. Объем кристаллической ячейки при переходах ОЦК-ГЦК изменяется на 89...97%; а при переходе ГЦК-Гексагон остается практически неизменным
3. Отмеченные изменения параметров ячейки не могут свидетельствовать о наличии массопереноса во время полиморфного превращения.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

Иванов И.А. Механико-технологическому факультету БНТУ исполняется 60 лет....	4
Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л. Организация деятельности студенческого научно-исследовательского бюро «Сплав».....	7
Кокурина О.А. Обеспечение промышленной безопасности путём оценки личностных компетенций работников.....	10
Созинова Д. Н. Возможные меры устранения нарушений в зонах минимальных расстояний магистральных трубопроводов.....	12
Позняк О. А., Кулик М. А., Саленко И. Б., Касперович И. А. Алюминиевые шлаки – источник материалов для внепечной обработки стали.....	14
Русевич О.А., Цыганков А.А. Комплексный подход к вопросам улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей.....	18

Литейное производство чёрных и цветных металлов

Уласик А.С., Бойко М.В., Малышко Е.А., Далецкий А.Р., Микишко Е.В. Анализ состава красок, используемых для литья по газифицируемым моделям.....	21
Шишпор К.Д., Кижаккин С.А. Требования к составу сплавов на основе цинка.....	23
Шишпор К.Д., Кижаккин С.А. Свойства антифрикционных сплавов на основе меди и цинка.....	25
Сорока Н.А., Ермак О.К. Исследование температурного режима работы пресс-формы при литье под давлением медно-цинковых сплавов.....	26
Сорока Н.А., Ермак О.К. Смазки для изготовления песчано-смоляных стержней по ХТС-процессу.....	28
Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Абдурахманов Х.З. Процесс плавки цветных металлов в электрошлаковой печи.....	30
Тураходжаева Ш.Н., Тураев А., Асадов С. Применение природного газа для плавки алюминиевых сплавов.....	32

Материаловедение в машиностроении

Иванов А.И. Плазменное напыление покрытий.....	35
Одарченко В.И. Кинетика роста диффузионного слоя на армко-железе при низкотемпературном однофазном борировании в порошковой среде».....	37
Голубев К.Г., Баранкевич Н.М., Гулевич М.А. Разработка управляющей программы для станков с ЧПУ	39

Елисеева А.Н., Верещак С.В., Пищик В.И. Использование высоковольтного тлеющего разряда для улучшения эксплуатационных характеристик материалов.....	41
Ташматов Р.К., Муродов А.С. Повышение абразивной износостойкости малоуглеродистых сталей термической обработкой с двойной фазовой перекристаллизации.....	42
Яхёев З.К., Мирзаева Г.М. Технологические основы структурообразования и формирования гетерокомпозиционных покрытий для крупногабаритного технологического оборудования.....	44
Яхёев З.К., Мирзаева Г.М. Перспективные композиционные материалы с использованием местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности для машиностроительного назначения.....	46
Bektemirov B.Sh. Thermal properties of thermal barrier coatings (TBC).....	48
Alikulov A.X. Cast bimetallic composition in the basis of molybdenum-structural steel for tool production.....	50
Камолова И.О. Технологические особенности использования породоразрушающих инструментов из порошков карбидов и нитридов тугоплавких металлов	52
Муродов А.С. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственного машиностроения методом термоциклической обработки.....	54
Тухтамуродов Б.Т. Производство расходных материалов для 3D принтеров и разработка материалов нового типа.....	56
Шадиев С. Использование математического моделирования при проектировании технологических процессов в машиностроении.....	58
Камолова И.О. Технологические особенности использования породоразрушающих инструментов из порошков карбидов и нитридов тугоплавких металлов	60
Власов К.В. Экспериментальная электрохимическая установка для исследования формоизменения металлических образцов.....	62
Юркин В.С. Экспериментальная методика исследования кинетики фазовых превращений, индуцированных водородом в магнитомягких сплавах железа и редкоземельных металлов.....	64

Машины и технология литейного производства

Горбань И.Н., Русевич О.А. Жидкостекольные стержневые смеси в литейном производстве	67
Давыдкин В.Н., Клинецов К.С. Экологические проблемы на формовочных участках литейных цехов.....	69
Мартинкевич А.А. Анализ влияния технологических параметров литья под давлением на вероятность образования пористости литых заготовок.....	71

Кижаккин С.А., Рачков В.К. Технические аспекты повышения качества отливок получаемых литьем под давлением.....	73
Сороко Д.В., Дикун А.О. Методика выполнения проверочного расчёта вала редуктора в КОМПАС-График	75
Телешова Е.В. Некоторые особенности программы КОМПАС- 3D V17.....	77
Перов Н.Н. Методы получения стали из чугуновой шихты.....	79
Ф.Н. Тураходжаева Теплообменный процесс плавки металла с применением биологически активного флюса.....	81
Дюльгер А.Г. Автоматизация технической подготовки литейного производства на примере воронежских предприятий.....	83

Машины и технология обработки металлов давлением

Ташматов Р.К., Саиткулов Д.Р. Теоретические предпосылки создания математических моделей для определения усилия прокатки.....	86
Маллабаев Х.Х. Моделирования процессов обработки металлов давлением.....	88
Даминова Г.Д. Защитная обмазка поверхности заготовок и слитков.....	89
Акрамова Э.К. Особенности прокатки листового металла симметричной и асимметричной прокаткой.....	91

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

Назаров Д.А. Технологии водородной обработки в литье и металлургии.....	94
Сахончик В.Ю., Кисилевич Р.А. Анализ влияния способа ввода модифицирующей добавки в покрытие электрода на их сварочно-технологические свойства	96
Яркевич Е.В., Лобанова М.А., Климович В.С., Разумовский Е.Р., Железовский М.А. Сварочно-технологические свойства электродов марки УОНИ-13/55 с модифицирующей добавкой в покрытии.....	98
Саидханов С. Исследование электроконтактной наплавки тел вращения.....	100
Тухтамурадов Б. Разработки электродов для ручной дуговой сварки и наплавки с использованием плавленных миналлов.....	102
Цветков И.С. Определение кажущейся плотности композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и прогнозирование эрозионной стойкости полученных композитов.....	104
Кравцов П.С. Увеличение адгезионной прочности системы «связующее – наполнитель»	106

Расулов А.Х., Халимжонов Т.С., Расулова Ш.А., Икромов Ж.Т., Бекжанова В.Б. Создание математической модели, позволяющей предсказывать дисперсность получаемого порошка тугоплавкого металла	108
--	-----

Металлургические процессы

Качина В.Ю. Равновесное содержание водорода в жидкой и твердой стали.....	111
Борковский Н.И. Энергопотребление при выплавке стали в электрических печах.....	113
Шевчук В.Ю., Данилова А.И. Тяжёлая магнийсодержащая лигатура для сфероидизирующей обработки высокопрочного чугуна	115
Данилова А.И., Головатая Е.В. Анализ способов получения и перспективы применения металлической фибры для армирования бетона.....	118
Данилов А.А., Чаюков В.О. Способы повышения эффективности работы дуговых сталеплавильных печей.....	122
Крисеева Н.А. Повышение энергоэффективности работы металлургических печей...	123
Стефанович М. С., Герасикова А.А. Сравнительный анализ Cogex и доменного процессов получения чугуна.....	125
Белов М.Д., Хоронек И.А. Сравнительный анализ использования топлива при выплавке чугуна в вагранках.....	127
Менчицкая Т.Н. Вторичные материальные ресурсы в металлургии и их использование...	129
Ярошевич П.В. Основные направления интенсификации выплавки стали в дуговых электропечах на примере установки Consteel.....	131
Евтушенко Н.Ю. Сырьевая база вторичного никеля.....	133
Новиков А.С. Освоение ПУТ-технологии на Енакиевском металлургическом заводе	135
Артамонов Е.А., Фролков А.С. Опыт разработки устройств выгрузки извести из шахтных обжиговых печей.....	137
Яшин И.Н. Опыт применения коксового орешка в доменных печах.....	139
Яшин И.Н. Влияние введения в железорудный слой коксового орешка различной крупности на степень восстановления оксидов железа.....	141

Охрана труда и промышленная безопасность

Иванов Н.Р. Электромагнитные поля от плавильных печей.....	144
Попов А.Р. Влияние систем защиты от краж на людей.....	146

Шибeko Ю.В. Влияние статического электричества на организм человека.....	148
Константинова А., Пыск О. Изменения в законодательстве РБ с точки зрения улучшения защиты от социальных рисков наступления нетрудоспособности.....	150
Казаков М.В. Конструкторские решения при проектировании металлорежущих станков	152
Локун М.Б. Контроль соблюдения требований охраны труда в организации.....	154
Семёнов С.Ю. Охрана труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ.....	156
Суханов Е.А., Яцук В.В. Профилактика поражений электрическим током рабочих-станочников.....	158
Малько Е.Ю., Костюченко А.С. Профессиональные заболевания офисных работников.....	160
Костюченко А.С., Малько Е.Ю. Эргономика рабочего места менеджера.....	162
Сорокина В.А. Стресс на рабочем месте как глобальная проблема 21 века.....	164
Банковская Е. А., Шаландо К. А. Экономический эффект от затрат на мероприятия по охране труда предприятия ОАО «Оршаагропромаш».....	166
Кот Е.И., Медушевская Н.А. Электромагнитное излучение бытовых приборов промышленной частоты 50 Гц.....	168
Тураходжаева Ф.Н. Эффективность применения биоцемента как связующего в формовочных смесях	170
Кадуха Н.М. Промышленная безопасность потенциально опасного производства стали в электропечах.....	171
Дехтярь И.А. Промышленная безопасность потенциально опасного производства чугуна.....	173
Ермолаева А. А. Проблемы охраны труда и пути их решения в металлургической отрасли.....	175
Ромашко А.Ю., Гридин С.В., Безбородов Д.Л. Анализ влияния состава газа на работу тепловых агрегатов.....	177

Химические технологии и процессы

Вахобов Б.Б. Об эффективности абсорбционных холодильных машин.....	180
Трубихин В.О., Колодин И.И. Трансформации кубической ячейки при полиморфных превращениях.....	182