



Министерство образования Республики БЕЛАРУСЬ



Белорусский национальный технический университет



Унитарное предприятие
«Научно-технологический парк БНТУ «Метолит»

Надежность,
эффективность,
долговечность!

X РЕСПУБЛИКАНСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ

ПОСВЯЩАЕТСЯ ДЕВЯНОСТОЛЕТИЮ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,
ПРОФЕССОРА
ЛЯХОВИЧА
ЛЬВА СТЕПАНОВИЧА



28 - 30 апреля 2009 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Иваницкий Н.И., декан механико-технологического факультета, к.т.н., доцент;

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Белявин К. Е., д.ф.н., профессор;

Пантелеенко Ф.И., д.т.н., профессор;

Константинов В.М., к.т.н., доцент;

Кукуй Д.М., д.т.н., профессор;

Немененок Б.М., д.т.н., профессор;

Лазаренков А.М., д.т.н., профессор;

Яглов В.Н., д.х.н., профессор;

Трусова И.А., д.т.н., профессор;

Алексеев Ю.Г., к.т.н., в.н.с.;

Слуцкий А.Г., к.т.н., с.н.с..

РАБОЧАЯ ГРУППА

Ложечников Е.Б., д.т.н., профессор;

Рафальский И.В., к.т.н., доцент;

Хренов О.В., к.т.н., доцент;

Вейник В.А., старший преподаватель;

Одиночко В.Ф., к.т.н., доцент;

Науменко А.М., к.т.н., доцент;

Проворова И.Б., старший преподаватель;

Ратников П.Э., к.т.н., доцент.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Арабей Анастасия Витальевна

Сборник научных работ X Республиканской студенческой научно-технической конференции «Новые материалы и технологии их обработки» – Мн.: Унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Метолит», 2009. – 262 с.

Литейное производство черных и цветных металлов

Анализ объёмов и состава вредных выбросов, образующихся при плавке сплава АК9 в индукционных тигельных печах

Студенты гр. 104114 Иванов М.И., Щурак П.С., гр. 104126 Козлова О.Е.
Научный руководитель – Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является определение объёма и состава вредных выбросов, образующихся при плавке и рафинировании силуминов в индукционных тигельных печах ИАТ-2,5 и ИАТ-6.

Наиболее часто встречающимися токсичными выделениями при производстве алюминиевого литья являются пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. Для получения расплава требуемого качества применяют различные рафинирующие препараты, выделяющие в процессе обработки расплава хлориды, фториды, различные сернистые соединения.

Для плавки алюминиевых литейных сплавов на предприятиях Республики Беларусь используются индукционные тигельные печи промышленной частоты и повышенной частоты с тиристорными преобразователями. Технологии плавки в данных печах существенно отличаются. В печах промышленной частоты загрузка шихты производится на «болота», т.е. для их эффективной работы требуется наличие жидкого остатка металла в количестве 20-30% от объёма тигля. Печи повышенной частоты могут успешно эксплуатироваться без жидкого остатка, поскольку в них удаётся подвести к металлу большую мощность, что существенно снижает продолжительность плавки. Всё это оказывает определённое влияние на динамику выделения, количество и состав пылегазовых выбросов при плавке.

Индукционные тигельные печи оборудованы поворотной крышкой и отсасывающим патрубком с коническим зонтом, который перекрывает рабочее пространство печи. Поэтому замеры запылённости и анализ отходящих газов проводили в объёме рабочего пространства печи. Запылённость замеряли непрерывно в течение всей плавки, а содержание хлоридов определяли только во время рафинирования расплава в конце плавки.

Проведенные замеры запылённости для ряда плавок показали существенный разброс контролируемых параметров как в пределах одной плавки, в зависимости от реализуемых операций, так и применительно к отдельным периодам различным плавкам сплава АК9. Так при загрузке чушковых шихтовых материалов в пустой тигель запылённость в объёме печи для ряда плавок составляла 0,10-0,36 г/м³, а для некоторых плавок возрастала до 0,48-0,96 г/м³. Широкий диапазон колебаний запылённости в рабочем объёме печи при выполнении данной операции связан, очевидно, с плохой очисткой от мусора контейнеров для подачи шихты.

Аналогичная ситуация наблюдалась и при завалке в печь возврата собственного производства. Во время данной операции запылённость в рабочем объёме печи составляла для одной серии плавок 0,16-0,25 г/м³, для второй – 0,13-0,17 г/м³, в отдельных случаях отмечалось минимальное пылевыведение 0,04-0,11 г/м³. Такие колебания по запылённости связаны с различным составом возврата, содержанием в нём мелкой фракции (опилок, облоя) и наличием в тигле разного объёма жидкого расплава. Во время рафинирования гексахлорэтаном запылённость в печи достигала 6 г/м³, а содержание хлоридов составляло более 80 мг/м³.

Анализ процесса плавки с использованием жидкого остатка «болота» и наличием в составе шихты большого количества замасленного возврата, образующегося при литье под высоким давлением, проводили на сплаве АК9 в индукционных тигельных печах ИАТ-6. Замеры запылённости и анализ газов выполняли по аналогии с плавкой в печах ИАТ-2,5, только дополнительно оценивали в газах содержание СО и углеводородов нефти. Запылённость в индукционной печи ИАТ-6 во время загрузки возврата достигала 1,2 г/м³ в основном за счёт выбросов сажистых веществ, образующихся при сгорании масляного тумана. Во время рафинирования С₂Сl₆ из расчёта 0,05% от массы расплава запылённость возрастала до 36 г/м³. В период загрузки в отходящих газах повышалось также содержание углеводородов нефти до 1200 мг/м³ и СО до 150 мг/м³, а во время рафинирования содержание хлоридов находилось на уровне 90 мг/м³.

Проведенные исследования процесса выплавки и рафинирования сплава АК9 в индукционных тигельных печах показали, что объёмы и состав образующихся пылегазовых выбросов во многом определяются технологией плавки, культурой производства, составом возврата и качеством его подготовки, видом применяемых смазок для пресс-форм, технологией рафинирования и модифицирования.

УДК 669.187

Совершенствование составов флюсовых композиций для проведения металлургического переплава алюминийсодержащих отходов

Студенты гр.104125 Зенько П.В., Полуян М.О.
Научный руководитель – Задруцкий С.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рост потребления алюминия отечественной промышленностью обуславливает интенсивное развитие вторичной металлургии. Проведение высокоэффективного металлургического переплава алюминийсодержащих отходов невозможно без использования флюсовых композиций, определяющих качество получаемого металла и металлургический выход для конкретного технологического процесса. Как правило, флюсы для переработки отходов алюминиевых сплавов в печах любого типа содержат в своем составе хлориды натрия и калия.

В рамках настоящей работы проанализирована возможность замены натрия хлористого в составе флюсовой композиции на отход производства хлорида калия – галит.

Созданный флюс, обладая меньшей стоимостью, имеет меньший (на 25%) расход и начинает интенсивно работать при более низкой (690°C) температуре металла, что, вероятно, связано с наличием в галите легкоплавких комплексных соединений.

УДК 669.717:519.23

Получение пеноалюминия из вторичных алюминиевых сплавов

Студенты гр. 104115 Цуканов С.В., Дубина В.А., гр. 104125 Язвинский Д.С.
Научный руководитель – Неменёнок Б.М.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Наряду с использованием литых, деформируемых и композиционных материалов в последнее время наметилась тенденция к широкому применению пеноматериалов. Металлические пены обладают рядом специфических свойств, например, низкой теплопроводностью, хорошей звукоизоляцией, экологической и санитарной чистотой, пожаростойкостью, способностью поглощать электромагнитные излучения и энергию удара. Поэтому представляют интерес вопросы получения металлических пен из вторичных алюминиевых сплавов и отходов их переработки, поскольку позволяют расширить область применения этих сплавов.

Практически все вспененные материалы, полученные литейными способами, являются пенами с закрытым типом пор. Основными компонентами для получения данного типа материалов являются расплавленная алюминиевая основа и добавки, увеличивающие вязкость расплава, такие как Na, Ca, Al₂O₃, CaC₂ и др. Для анализа влияния химического состава материала матрицы на свойства вспененных материалов проводили сравнительные исследования на алюминии марки А5 и сплавах Al+4%Cu+0,5%Fe, Al+12%Si+0,5%Fe, Al+12%Si+1,5%Fe с использованием в качестве порофора TiH₂ в количестве 1,5%. Исследования показали, что увеличение в матрице содержания железа до 1,5% не сказывается на параметрах технологического процесса получения вспененных материалов и незначительно влияет на их теплопроводность и прочность. В таблице приведены свойства исследованных вспененных материалов и чушкового алюминия марки А5.

Таблица – Влияние химического состава сплава на свойства алюминиевых вспененных материалов

Характеристики	Сплавы				
	А5 чушковой	А5 TiH ₂	Al+4%Cu+0,5%Fe TiH ₂	Al+12%Si+0,5%Fe TiH ₂	Al+12%Si+1,5%Fe TiH ₂
Применяемый порофор	-	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂
Плотность, г/см ³	2,7	0,4	0,7	0,54-0,84	0,62-0,86
Средний диаметр пор, мм	-	4,0	3,0	-	-
Прочность на сжатие, МПа	-	3,0	21,0	7,0-15,0	7,0-13,0
Теплопроводность, Вт/мК	235,0	12,0	-	9,0-11,2	11,0

Как показывают результаты исследований, исходный состав алюминиевых сплавов практически не влияет на процесс вспенивания и размер пор во вспененном материале. Для получения пеноалюминия важными параметрами являются температура расплава, его вязкость и однородное распределение реагента в металлической матрице. Но, независимо от способа получения пены, готовый продукт представляет

собой либо пенометаллический блок, либо пластину неравномерную по толщине, которые требуют последующей механической и размерной обработки.

Следовательно, для более широкого применения металлических пен необходимо совершенствование данной технологии как в плане стабилизации процесса порообразования, так и в направлении получения литых заготовок из вспененных материалов в виде пластин постоянного сечения.

УДК 621.746

Эффективные методы калибровки входных данных для систем компьютерного моделирования литейных процессов

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Научный консультант – Лущик П.Е.

Студенты гр. 104125 – Калошин К.Л., Князев А.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Основной задачей современного литейного и металлургического производства является создание конкурентоспособных изделий, обладающих высоким качеством и минимальной себестоимостью изготовления. Решение этой задачи осуществляется в определенной степени на стадии технологической подготовки производства, где предусматривается проектирование оптимальных технологических процессов, обеспечивающих получение заданного качества.

Сегодня большинство предприятий, выпускающие литейную металлопродукцию, пользуются передовыми системами проектирования, позволяющими спрогнозировать брак на стадии подготовки или корректировки технологии изготовления отливки. Но зачастую сходимость результатов расчета (особенно на стадии подготовки, когда данных по существующему браку еще нет) не превышает 80%. Одной из основных причин этого является несовпадение входных данных с реальными теплофизическими параметрами моделируемой системы.

Цель настоящей работы – разработка эффективных методов калибровки входных данных в системах компьютерного моделирования литейных процессов для увеличения сходимости результатов расчета.

Входные теплофизические параметры, которые были откалиброваны для двухкомпонентного сплава Al-7%Si, выбраны с учетом автоматического расчета термодинамической базы данных пакета ProCAST (ESI Group) и включают:

- зависимость теплоемкости и скрытой теплоты кристаллизации от температуры;
- зависимость выделения твердой фазы от температуры;
- критические температуры ликвидус и солидус.

Кроме того, были произведены сравнительные эксперименты и расчеты заливки U-образной пробы на предмет калибровки коэффициентов теплопередачи на границах сред отливка-форма.

Как правило, на характер затвердевания оказывает влияние ряд факторов, таких как металлургическая наследственность сплава, условия затвердевания, нерегламентированные примеси и др., которые не учитываются при стандартном расчете теплофизических параметров по правилу рычага, применяемому в ProCAST. В этом случае наиболее эффективный метод для оценки погрешности расчетов входных параметров в системах компьютерного моделирования является метод термического анализа пробы расплава. В данной работе термический анализ проводился при помощи универсального микропроцессорного устройства термического анализа, позволяющего выделять ряд характеристик сплава, в том числе и необходимые для компьютерного моделирования.

Расхождение в значениях параметров термодинамического расчета и реального эксперимента можно сравнить на рисунках 1 и 2, на которых изображены зависимости выделения твердой фазы от температуры, рассчитанные в ProCAST и полученные экспериментально методом термического анализа соответственно.

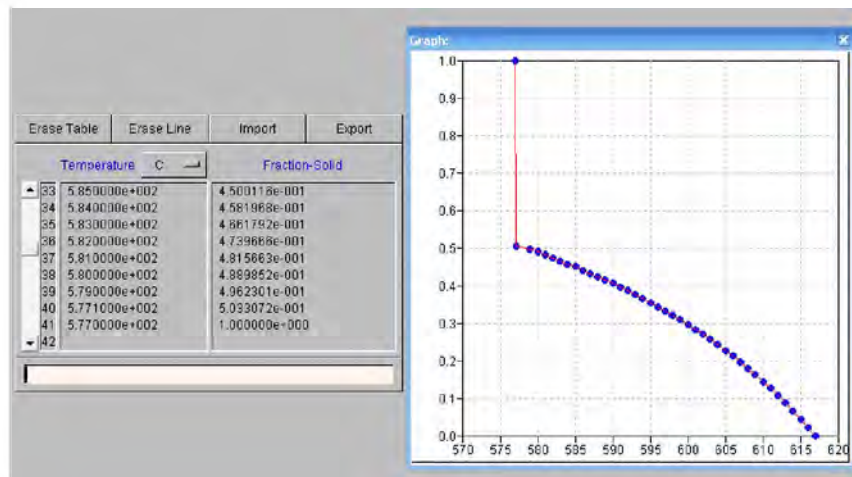


Рисунок 1 – зависимость выделения твердой фазы от температуры, рассчитанная по правилу рычага в ProCAST

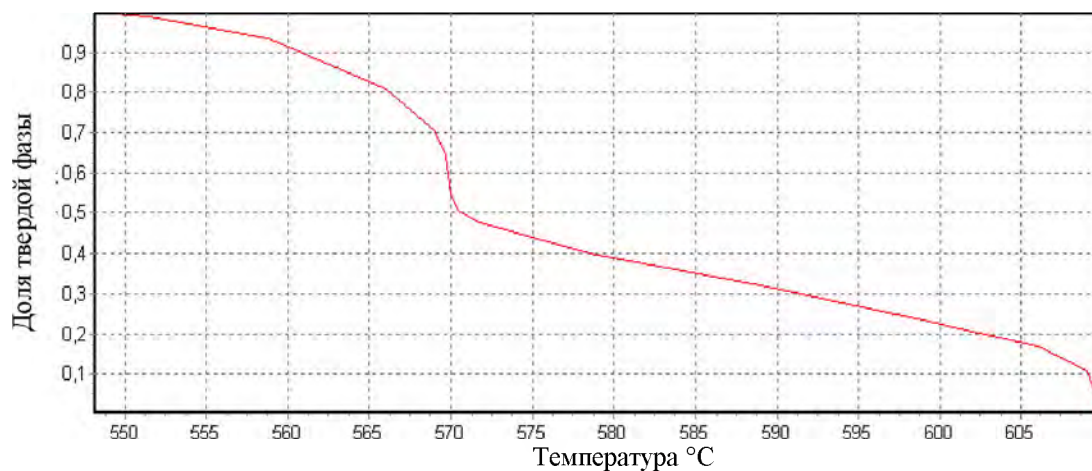
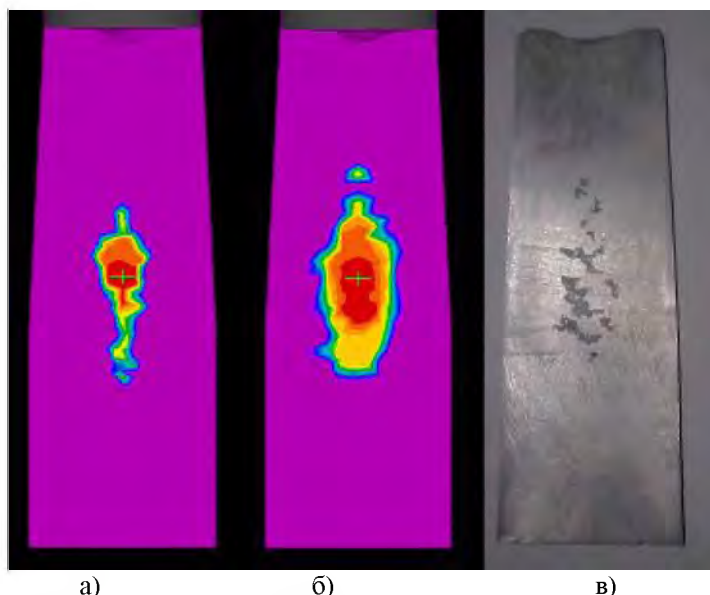


Рисунок 2 – зависимость выделения твердой фазы от температуры, полученная экспериментально методом термического анализа

Из рисунков видна существенная разница в характере выделения твердой фракции и значениях начала и окончания процесса затвердевания (ликвидус – 617/609 °С, солидус – 577/548 °С).

Для проверки адекватности предлагаемых методов калибровки процесса были проведены сравнительные расчеты затвердевания сплава на предмет выявления усадочной пористости в ProCAST с учетом стандартных значений теплофизических параметров и с учетом скорректированных значений теплоемкости, выделения твердой фракции, скрытой теплоты кристаллизации, температур ликвидус и солидус, полученных методом термоанализа; а также коэффициента теплопередачи на границе двух сред скорректированных при помощи заливки в U-образную пробу (Рис 3,а и 3,б). Сравнение проводилось относительно вертикального сечения цилиндрического бруска экспериментально полученного из сплава Al-7%Si литьем в кокиль (Рис 3,в).



а) расчетное распределение усадочной пористости при стандартных значениях ProCAST; б) расчетное распределение усадочной пористости при скорректированных значениях; в) распределение пористости в реальной отливке.

Рисунок 3 – Распределение усадочных дефектов в цилиндрической отливке из сплава Al-7%Si при литье в кокиль

Проанализировав результаты расчетов, можно сделать вывод, что расчет со скорректированными параметрами показал более близкие значения распределения усадочной пористости к реальному эксперименту, тем самым увеличив адекватность моделирования \approx на 15%.

Разработанная методика калибровки исходных параметров моделирования литейных процессов способна в течение нескольких часов определить и скорректировать теплофизические параметры системы, увеличив адекватность моделирования уже на первых этапах проектирования технологии изготовления отливки, и, соответственно, существенно сократить расходы на производство.

УДК 621.746

Исследование методики компьютерного термического анализа для получения данных о фазовых превращениях в литейных алюминиевых сплавах

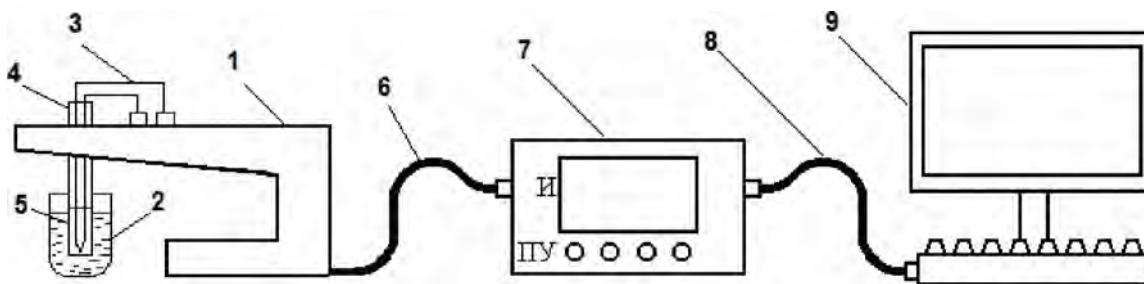
Студент группы 104114 – Сошенко А.А.
 Научный руководитель – Рафальский И.В.,
 Научный консультант – аспирант Арабей А.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Были проведены исследования методики компьютерного термического анализа для получения данных о фазовых превращениях в литейных алюминиевых сплавах.

Как известно, сплавы на основе алюминия используются при получении широкого ассортимента деталей машиностроения, автомобильной, авиационной, космической техники. Область применения алюминиевых сплавов в качестве материала для изготовления литых изделий и полуфабрикатов определяется благоприятным сочетанием их физических, механических, технологических и эксплуатационных свойств. Одним из наиболее надежных и высокоточных методов получения достоверных данных о теплофизических и термодинамических характеристиках сплава является метод термического анализа пробы расплава с последующей компьютерной обработкой полученных экспериментальных данных (компьютерного термического анализа – КТА).

Важным этапом в развитии метода КТА, повышении точности и надежности проводимого анализа, является получение достоверных данных о процессах взаимодействия металлов и сплавов с материалами элементов измерительных ячеек (термодатчиков, защитных колпачков и т.д.), используемых при проведении термического анализа.

В настоящей работе в качестве объекта исследований был выбран алюминий марки А7. Термический анализ пробы расплава проводили с использованием микропроцессорной системы термического анализа (МСТА), структурная схема которой приведена на рисунке 1.



- 1 – штатив;
- 2 – измерительная ячейка;
- 3 – многоразовая термопара;
- 4 – несменный кварцевый колпачок для термопары 3;
- 5 – сменный кварцевый колпачок;
- 6 – кабель для подключения сигнала термопары к прибору;
- 7 – микропроцессорный контрольно-измерительный блок (МКИБ);
- 8 – интерфейс передачи данных в персональный компьютер (ПК);
- 9 – ПК.

Рисунок 1 – Структурная схема системы для компьютерного термического анализа литейных сплавов

Плавку алюминия проводили в графитовых и алундовых тиглях с массой алюминия 35 ± 2 и 45 ± 2 гр., соответственно. Пробу с металлом разогревали до температуры 750 ± 5 °С в печи сопротивления типа СНОЛ и выдерживали при этой температуре в течение 20–25 мин. Затем проводили термический анализ с использованием многоразовой термопары со сменными кварцевыми колпачками.

Металлографический анализ микроструктуры сплавов производился в соответствии с ГОСТ 1778-70 на оптическом микроскопе МКИ-2М-1 при увеличении от 200 до 300 крат. Приготовление шлифов осуществлялось путем механической полировки с последующей обработкой образцов в 0,5 %-ном водном растворе HF.

По результатам термического и металлографического анализа установлено взаимодействие алюминиевого расплава с материалом защитного колпачка термопары (кварцем) при многократном переплаве исследуемой пробы. Проведены эксперименты по изучению влияния технологических факторов процесса плавки (изменение времени выдержки, перемешивание и др.) на степень взаимодействия алюминия с кварцем.

Предложены практические рекомендации для проведения компьютерного термического анализа литейных алюминиевых сплавов в лабораторных и производственных условиях.

УДК 669. 640. 191.

Исследование влияния модифицирования барий-стронциевыми карбонатами на структуру и свойства стали 110 Г 13Л

Студенты гр. 104115 Максимчик М.М., гр. 104115 Бувевич Т.А.

Научный руководитель – Розум В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Надежность и конкурентоспособность выпускаемого оборудования и машин напрямую связано с необходимостью улучшения качества металла и экономии его в машиностроении. Особенно остро это касается высокомарганцовистых аустенитных сталей типа 110 Г 13Л, широко используемых для изготовления деталей работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного износа.

Высокая стойкость к ударно-абразивному износу этих сталей объясняется способностью их к поверхностному наклепу при воздействии внешних нагрузок. Это является следствием мартенситного превращения протекающих в аустените при внешних нагрузках.

При производстве стали Гадфильда необходимо решать ряд моментов отрицательно влияющих как на технологические свойства, так и эксплуатационные:

1. Высокое содержание фосфора, вносимого в сталь с ферромарганцем, и как следствие выделение фосфидной эвтектики по границам зерен.
2. Выделение карбидов по границам зерен.
3. Рост зерна аустенита при высокой температуре.

Снижение содержания фосфора можно достичь за счет применения достаточно чистых шихтовых материалов и ведения плавки окислительным методом. Это значительно повышает качество стали, но при этом повышается стоимость литья.

Карбидные включения расположенные по границам зерен переходят в твердый раствор аустенита при нагреве до 1050-1100 С и фиксируются в нем при закалке на воду.

Измельчить структуру стали последующей термической обработкой практически невозможно, так как она не претерпевает фазовых превращений.

Существенного улучшения первичной структуры стали можно достичь за счет операций комплексного раскисления и модифицирования.

Особый интерес в этом плане представляют барий-стронциевые карбонаты, широко применяемые в настоящее время для обработки различных качественных сталей. Этот материал применяется металлургами в США, Германии, Англии и других странах.

По механизму воздействия на стали карбонаты относятся к комплексным материалам, они обладают эффектом раскисления, рафинирования, модифицирования и легирования.

Исследования влияния барий-стронциевых карбонатов проводили в литейном цеху «Белозерского энергомеханического завода» при выплавке стали 110 Г 13Л методом переплава. Для обработки использовали барий-стронциевый карбонат, имеющий следующий химический состав:

Массовая доля %							
SiO	BaO	CaO	SrO	Mg	CO ₂	Mn	Na ₂ O
24,8	16,0	21,5	5,5	0,9	18,0	0,2	1,5

В состав шихты входили: лом Б22 и ФМп 78. Плавку стали проводили по технологии принятой на заводе. При этом глубинное раскисление проводили смесью ферросилиция 45 с графитизированным коксиком.

Обработку стали барий-стронциевым карбонатом проводили в два этапа:

1. За 20 минут до слива металла из печи с зеркала металла скачивали шлак и засыпали на поверхность металла барий-стронциевый карбонат в количестве 0,35% от массы металла. После прекращения кипения ванны металла сливали металл в ковш.

2. При сливе металла в ковш и заполнении его на 1/3 емкости на желоб засыпали барий-стронциевый карбонат в количестве 0,35%. Разливку стали проводили при температуре 1500 С.

Контролировали структуру металла до термической обработки и после, ударную вязкость КСУ КДж/м после термической обработки. Исследования структуры проводили на электронном микроскопе.

Анализ структуры стали, выплавленной по обычной технологии методом переплава и с обработкой барий-стронциевыми карбонатами показал, что в исходном образце по границам зерен расположено большое количество включений в виде карбидов, фосфидной эвтектики и др. (рис. 1). Бал зерна аустенита 3-4.

Исследование неметаллических включений при увеличении х 2000 было установлено, что основными составляющими их являются Fe, Cr, Mn, т.е. карбидные включения. В некоторых областях были обнаружены зоны с повышенным содержанием фосфора до 0,14% (рис. 2,3).

При обработке стали барий-стронциевыми карбонатами границы зерен уже в литом состоянии были практически чистые. Сетка карбидных включений имела вытянутую форму. Содержание фосфора в скоплениях неметаллических включений меньше и не превышало 0,11%.

После термической обработки в стали, выплавленной по традиционной технологии матрица металла представляла аустенитную структуру с чистыми границами зерен без неметаллических включений. Бал зерна 3 (рис. 4).

В стали обработанной барий-стронциевыми карбонатами структура, также аустенитная. Бал зерна 4-5.

Ударная вязкость в исходном образце составляла 200-240 КДж/м, а после обработки расплава барий-стронциевыми карбонатами 280-300 КДж/м, что находится на уровне свойств стали, выплавленной методом окисления.

Таким образом, проведенные исследования показали:

- дополнительная обработка стали 110 Г 13Л, выплавленной методом переплава позволяет получить структуру стали в литом состоянии более чистую по границам зерен, что в итоге может влиять на режим термической обработки;

- после обработки значительно повышаются механические свойства и достигают уровня свойств стали, выплавленной методом окисления, что позволит применять технологию для изготовления ответственных отливок из стали 110 Г 13Л методом переплава, снизив при этом их себестоимость.

Электронная база данных для анализа технологических факторов литейного производства, определяющих качество литейной продукции

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Магистрант – Лушник П.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технический контроль в литейном производстве, как важнейший элемент в комплексной системе управления качеством литейной продукции (КС УКЛП), охватывает процессы контроля материалов, технологических процессов и готовой литейной продукции. В соответствии с принятой классификацией регламентируются следующие группы дефектов отливок:

- 1) несоответствие по геометрии;
- 2) дефекты поверхности;
- 3) несплошности в теле отливки;
- 4) включения;
- 5) несоответствие по структуре.

Качество литых изделий определяется уровнем их свойств и обеспечивается оптимальным подбором ряда факторов, которые можно выделить в следующие группы:

- факторы металлургической наследственности, связанные с исходным состоянием шихтовых материалов, их металлургической предысторией (способом получения и последующей обработкой), – технологический этап подготовки шихтовых материалов;

- факторы, связанные с процессом плавки, – технологический этап плавки;

- факторы, связанные с процессами получения форм и заливки в них расплава, – технологический этап формирования изделия.

Все вышеперечисленные группы образуют факторы производственного технологического цикла получения литых изделий. При этом влияние (вклад) каждого из факторов на процессы формирования литой структуры и свойств сплавов является различным. Выбор наиболее значимых из них представляет задачу распознавания в многомерном пространстве информативных признаков.

Для решения поставленной задачи в работе был выполнен анализ вероятностных методов оценки сходства и различий объектов исследования в системах автоматического распознавания (САРС), вероятностных критериев и решающих правил в классификации образов.

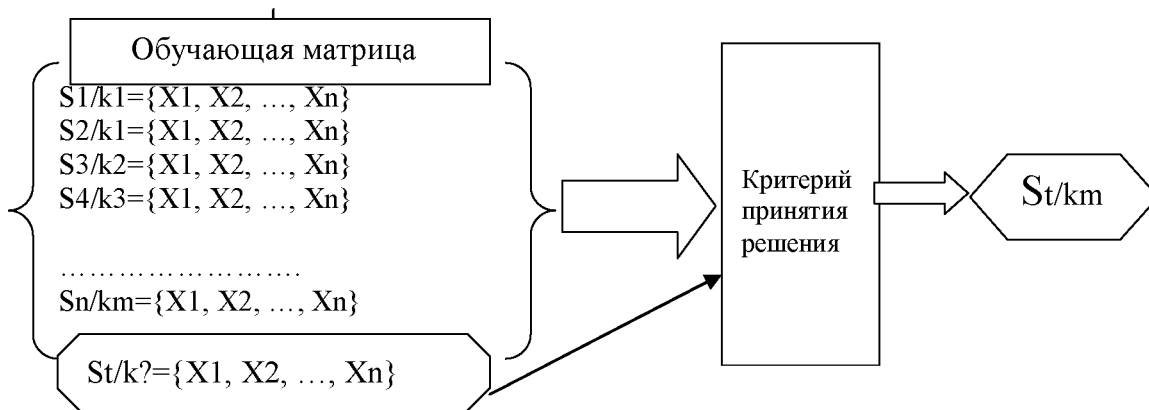
Установлено, что структура электронной базы данных для анализа технологических факторов литейного производства определяется принятым методом классификации объектов по информативным признакам (факторам).

Существует ряд вероятностно-математических методов классификации (с помощью функции расстояния, на основе линейных решающих правил, на основе метода потенциальных функций, статистические методы классификации и др.), отличающихся своими преимуществами и недостатками в зависимости от конкретно поставленной задачи. Статистические методы являются основой для эффективного распознавания проблем на разных уровнях и их анализа. Таким образом, используя их, можно добиться полной картины о возможных причинах возникающих проблем.

При использовании статистических методов распознавания устанавливается связь между процессом отнесения объекта к тому или иному классу (образу) с определением вероятности ошибки при решении этой задачи. В ряде случаев это сводится к определению апостериорной вероятности принадлежности объекта образу S_1 при условии, что признаки этого объекта приняли значения X_1, X_2, \dots, X_n .

В результате проведенного анализа выбраны методы автоматической классификации исследуемых объектов (литейной продукции) для решения задач структурно-параметрической идентификации в многомерном пространстве информативных признаков (факторов).

С учетом выбранных методов автоматической классификации исследуемых объектов разработана структура электронной базы данных для анализа технологических факторов литейного производства, определяющих качество литейной продукции. Структура электронной базы данных для реализации процедуры автоматической классификации определяется размерностью векторов признаков, характеризующих исследуемый объект, и критериев принадлежности объекта к одному из заданных классов (идентификаторов класса):



где S_n/k_m – объекты обучающей матрицы с известными идентификаторами класса;
 X_1, X_2, \dots, X_n – информативные признаки объектов классификации;
 $S_t/k?$ – объект с неизвестным идентификатором класса;
 S_t/k_m – результат идентификации исследуемого объекта.

УДК 621.746

Неразрушающие акустические методы контроля качества литых изделий ответственного назначения

Студенты группы 104114 Сошенко А.А., 104514 Кононова Н.Н.,
магистрант Лущик П.Е.

Научный руководитель – Рафальский И.В.,
Научный консультант – аспирант Арабей А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из эффективных методов повышения эффективности производства и улучшения качества изделий из металлов и сплавов ответственного назначения является применение автоматизированных систем управления и контроля качества промышленной продукции.

Если первоначально системы контроля качества использовались лишь для обнаружения дефектной продукции и ее изъятия из производственного процесса (сам процесс контроля качества продукции состоял в проверке соответствия показателей ее качества установленным требованиям), то с развитием средств автоматизации и совершенствованием методов обработки данных появилась возможность управления технологическими процессами с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля.

До недавнего времени на металлургических предприятиях при проведении контроля качества продукции разрушению подвергались до 10-12 % изделий от контрольной партии. На машиностроительных заводах количество разрушенных деталей ответственного назначения порой достигало 15-20 % от партии, поскольку после каждой основной технологической операции из деталей вырезаются образцы для механических и металлографических испытаний.

Широкое применение неразрушающих методов контроля (НМК), не требующих вырезки образцов или разрушения готовых изделий, позволяет избежать больших потерь времени и затрат, связанных с обеспечением контроля качества, а также обеспечить частичную или полную автоматизацию операций контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности изделий. В настоящее время ни один технологический процесс получения ответственной продукции не внедряется в производство без соответствующей системы неразрушающего контроля.

Неразрушающие методы контроля – это общее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения дефектов сплошности или контроля макро- и микроструктуры, отклонений химического состава от нормы и других целей, не требующих разрушения образцов материала или изделия.

Основными требованиями, предъявляемыми к НМК, являются:

- возможность осуществления контроля на всех стадиях изготовления, при эксплуатации и ремонте изделий;
- возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;
- согласованность времени, затрачиваемого на контроль, со временем работы другого технологического оборудования;

- высокая достоверность результатов контроля;
- возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля;
- высокая надежность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования ее в различных условиях;
- простота методик контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

В зависимости от принципа работы все НМК делятся на оптические (визуальные), акустические, капиллярные, магнитные, радиационные, тепловые, гидравлические, электрические, электромагнитные.

Главным недостатком визуального метода является невозможность обнаружения внутренних дефектов, поэтому целесообразно его использование с другими методами контроля. Наибольшее применение для обнаружения внутренних дефектов получили методы радиационного и акустического контроля. Радиационный контроль позволяет обнаруживать мелкие дефекты (отдельные поры диаметром 0,2-0,3 мм), однако этот метод не может полностью выявлять наиболее опасные дефекты – трещины. Кроме того, радиационный контроль не позволяет определять координаты дефектов и является дорогостоящим. Этим недостатком лишен акустический метод неразрушающего контроля, поэтому для обнаружения внутренних дефектов часто выбирают именно его.

Для акустического метода неразрушающего контроля применяют колебания ультразвукового и звукового диапазонов частотой от 50 Гц до 50 МГц. Интенсивность колебаний обычно невелика, не превышает 1 кВт/м². Такие колебания происходят в области упругих деформаций среды, где напряжения и деформации связаны пропорциональной зависимостью (область линейной акустики). Кроме упругости по объёму, в твёрдом теле существует упругость по форме, поэтому в теле могут распространяться волны двух типов: продольные и поперечные. Акустические волны в твёрдых телах характеризуются либо смещением, либо колебательными скоростями, либо тензорами деформации или напряжения. Для контроля применяют разные типы (моды) волн, отличающиеся направлением колебаний частиц, скоростью распространения и другими признаками.

Акустические методы позволяют контролировать геометрические параметры при одностороннем допуске к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения. В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхоимпульсный, эмиссионный, велосимметрический, импедансный и метод свободных колебаний. Важным достоинством данных методов является возможность контроля литых изделий без предварительной подготовки, что существенно повышает производительность процедуры и отсутствие затрат на подготовку изделия к контролю.

УДК 621.74.669.14

Быстроохлажденный, гранулированный модификатор для получения высокопрочного чугуна

Студент группы 104114 Кирсанов Б.А.
 Научный руководитель – Слущкий А.Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Внедрение высокопрочного чугуна в машиностроение обусловлено рядом экономических, технологических и эксплуатационных преимуществ его по сравнению с традиционно применяемыми литыми материалами. По своим механическим свойствам модифицированные магнием чугуны превышают серый и ковкий чугуны, кроме того, во многих случаях они имеют преимущества по ряду эксплуатационных характеристик по сравнению с углеродистой или низколегированной сталью.

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. Применительно к чугунному литью в БНТУ разработаны составы комплексных модификаторов на основе алюминия, содержащего магний, кальций, РЗМ и технология их получения. Схема экспериментальной установки по гранулированию комплексного модификатора представлена на рисунке 1.

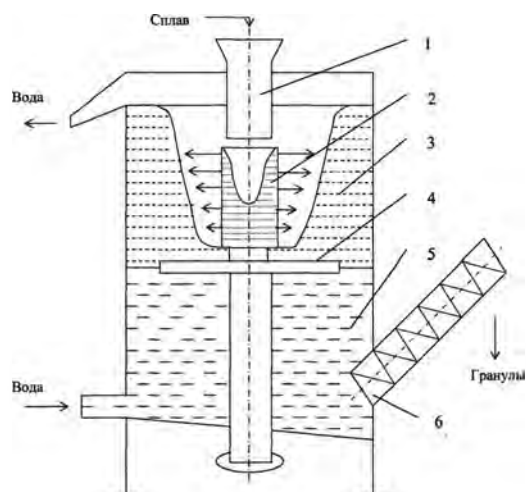


Рисунок 1 – Схема установки для получения комплексного модификатора.

1 – приемная воронка; 2 – перфорированный стакан; 3 – водяная воронка;
4 – активатор; 5 транспортер гранул; 6 – корпус.

Она состоит из следующих основных узлов: лоток для подачи жидкого модификатора 1; стакан-гранулятор 2; бак 3; диск разгона воды 4; механизм выгрузки готовых гранул 5. Установка работает следующим способом. В бак 3 подается вода и по заполнению до уровня диска 4 включается его вращение вместе со стаканом-гранулятором 2. За счет вращения диска производится разгон воды с последующим ее подъемом вдоль стенки бака до сливного лотка. После чего из плавильной печи в ковш выпускают порцию жидкого модификатора и через приемный лоток 1 тонкой струей выливают во вращающийся стакан-регулятор, имеющий большое количество отверстий диаметром 3-5мм. За счет вращения стакана происходит эффективное дробление модификатора с последующим быстрым охлаждением вращающейся массой воды. Извлечение готовых гранул осуществляется шнековым питателем. В дальнейшем полученный модификатор подвергается сушке при температуре 130-150°C.

По данной технологии был изготовлен гранулированный модификатор для сфероидизирующей обработки высокопрочного чугуна. Химический состав полученного модификатора приведен в таблице 1. В качестве примера на рисунке 2 представлена фотография образца гранулированного модификатора. На рисунке 3 представлены результаты исследований фракционного состава гранулированного модификатора. Видно, что основная доля гранул приходится на фракцию 2-4 мм. Технология обеспечивает практически безотходное производство, что выгодно отличает ее от классической схемы: заливки жидкого модификатора в изложницы с последующим дроблением, при котором значительная часть материала идет в отходы.

Таблица 1– Химический состав модификатора

Наименование модификатора	Содержание элементов, %					
	Si	Fe	Mg	РЗМ	Ca	Al
МИГ(Mg)	17	8,7	5,5	9,0(расчетн.)	-	остальное



Рисунок 2 – Внешний вид гранулированного магнийсодержащего модификатора

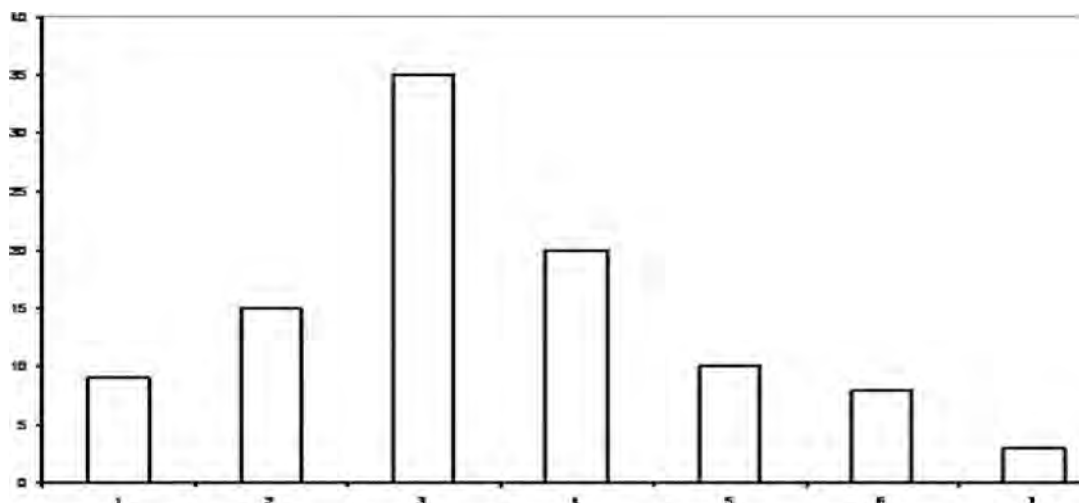


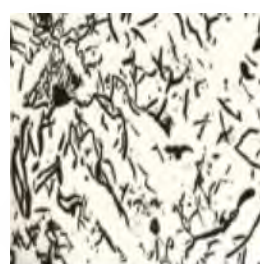
Рисунок 3 – Фракционный состав модификатора

Исследование процесса сфероидизирующего модифицирования осуществляли при выпловке исходного серого чугуна в индукционной тигельной печи ИСТ-006. Гранулированный магнийсодержащий модификатор в количестве 1-2% вводился на дно предварительно разогретого ковша. Контролировались следующие параметры: глубина отбела исходного и модифицированного чугунов, химический состав, твердость, макро- и микроструктура (таблица 2).

Таблице 2 - Результаты исследований

№ пп	Состав чугуна	Сфероидизирующая лигатура		Глубина отбела, мм	Твердость НВ	Микроструктура				
		марка	Количество, %			Металлическая основа		Графит		
						Перлит	Феррит	Форма	Диаметр (длина)	Количество
1	исходный	-	-	3	229	П70	Ф30	ПГф2	ПГд45	ПГ6
2	модифицированный	МИГ	1,0	0	213	П60	Ф40	ПГф2 ВГФ2	ПГд25 ШГд25	ПГ2В Г4
3	модифицированный	МИГ	2,0	0	219	П60	Ф40	ШГФ 4	ШГд25	ШГ 4

В качестве примера на рисунке 4 представлены фотографии микроструктуры включений графита исходного серого и высокопрочных чугунов полученных с использованием быстроохлажденного гранулированного модификатора, содержащего 5,5% магния.



0,1 %
Пластинчатый графит



1,0 %
Вермикулярный графит



2,0 %
Шаровидный графит

Рисунок 4–Влияние добавок модификатора на форму графитных включений

Анализ полученных результатов свидетельствует о реальной возможности получения чугуна с вермикулярным и шаровидным графитом с использованием быстроохлажденного гранулированного модификатора на основе алюминия содержащего (5,0-6,0%) магния.

Литература

- 1 Ващенко К.И., Софрони Л. Магниевый чугун. – Москва-Киев: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1960. – 487с.
- 2 Гольштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. – М.: Металлургия, 1986. – 272 с.
- 3 Леках С.Н., Бестужев Н. И. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении. – Минск: Наука и техника, 1992. – 269с.

УДК.621.74.02

Разработка состава водоземulsionной смазки для пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов

Студент гр. 104124 Коротков С.Ю., ст. гр. 104125 Шидловский А.А.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Литье под давлением - один из наиболее производительных способов производства отливок. Но для того чтобы получать высококачественные поверхности и точные по размерам отливки необходимо использовать разделительные покрытия. Смазки препятствуют образованию задиров и привара, а следовательно и уменьшают усилие извлечения стержней из отливки и отливки из формы. В настоящее время используют смазки на водной основе, которые изготавливаются в виде концентрата, а перед употреблением разбавляются водой.

Одной из главных проблем получения водоземulsionных смазок является то, что смазывающие компоненты в воде нерастворимы. Для того чтобы эту проблему решить применяют различные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Рассмотрены способы создания устойчивых эмульсий на основе различных типов ПАВ: ионных и неионных. К ионным относят синтетические моющие средства (соли щелочных металлов, арилаты, натриевые соли алкилсерных кислот), гидрохлориды сикламинов, галоиды алкиламмония. К неионным-алкилгликозиды, эфиры сахарозы и жирных кислот.

Также в состав смазок вводят добавки для увеличения седиментационной устойчивости, антикоррозионных и противозадирных свойств. Для увеличения седиментационной устойчивости используют ПАВ со следующими добавками: этаноламинами, жидким стеклом, спиртами (гликолями) и жирными кислотами.

Исходя из экспериментальных данных видно, что лучших результатов можно достичь, используя неионные ПАВ с добавкой жирных кислот. Седиментационная устойчивость эмульсии на основе кремниорганических полимеров с применением указанного комплекса ПАВ увеличилась в 60 раз. Кроме этого смазка на основе указанного комплекса обладает высокой степенью гидрофильности и легко разбавляется водой в пропорции 1:30.

УДК 621.74

Автоматизация и механизация разделительных покрытий при литье под давлением

Студента гр. 104124 Щербаков Ю.А., Казак А.Д.
Научный руководитель – Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

При литье под давлением для получения максимального результата и экономического эффекта требуется оптимизированное нанесение разделительных покрытий. Это достигается путем механизации и автоматизации процесса. Для механизации и автоматизации смазывания нужно исключить из технологического процесса операции нанесения вручную смазочного материала на рабочие поверхности пресс-формы.

Механизация смазывания осуществляется при нанесении разделительных покрытий распылением через блоки форсунок манипуляторов и роботов, повторяющих движения рабочего при смазывании. Технологическая смазка распыляется в мельчайшие капли и подается к пресс-форме воздушным конусом, обеспечивая образование однородной пленки. Модульность оборудования позволяет собрать

конфигурацию форсунок, в точности повторяющую пресс-форму. Это позволяет распылять смазку и осуществлять обдув специальным образом там, где это требуется, что способствует снижению времени, требуемого на распыление и обдув, также снижается расход смазки. В сложных для нанесения смазки условиях применяют ручные распылительные пистолеты.

Роботизированные распылительные системы представляют собой комбинацию технологии нанесения смазки с многокоординатными системами промышленных роботов. Программируемые параметры распыления для давлений воздуха и смазки могут быть связаны с быстрым или медленным движением робота в ряд комбинаций, позволяя легко адаптироваться к специфическим условиям любой пресс-формы. Полностью интегрированная система позволяет оператору контролировать весь процесс, а также производить необходимые регулировки с одной консоли управления.

УДК 621.74; 669.13

Вторичные ресурсы как источник дорогих металлов для комплексного модифицирования чугунов

Студент гр. 104115 Иванченко В.А., студент гр104115 Фёдоров А.Н.
Научный руководитель – Урбанович Н.И., Комаров О.С.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Высокохромистые чугуны являются уникальным износостойким материалом, но имеют низкие показатели по ударной вязкости и обрабатываемости резанием. Основной причиной низких значений указанных свойств является склонность данных чугунов к трансформации. К одному из способов управления первичной структурой и ликвидации трансформации в сплавах относится модифицирование.

Известно [1], что наиболее перспективным является модифицирование комплексным модификатором, который должен включать представителей химически-активных, поверхностно-активных элементов, кремний-содержащих добавок и обязательных представителей карбидообразующих элементов. К таким относится разработанный комплексный модификатор [2], состоящий из $Al+V+Bi+SiCa$.

Предполагаемый механизм их действия [3,4,5] заключается в следующем: химически активный компонент (Al) образует тугоплавкие подложки, на которых выделяются карбиды карбидообразующего элемента (V). На этих карбидах выделяются карбиды хрома, ведущие рост эвтектической фазы. Поверхностно-активный компонент (Bi) замедляет рост эвтектических колоний, в результате чего увеличивается переохлаждение расплава, и появляются новые центры кристаллизации, которые не образовались бы при меньших переохлаждениях. Роль кремнийсодержащей добавки (SiCa) сводится к созданию локального пересыщения микрообъемов расплава углеродом, в результате чего инициируется зарождение карбидов хрома.

В состав разработанного комплексного модификатора входят бор и висмут, которые являются дефицитными и дорогими металлами. Это обстоятельство может служить сдерживающим фактором применения комплексного модификатора для модифицирования чугунов на предприятии.

Из литературных источников известно, что наиболее часто в качестве поверхностно-активного вещества используют Bi [3]. В качестве карбидообразующего элемента вместо бора можно использовать Ti, Nb, Na, V и др. Но вышеуказанные заменители так же относятся к дорогим металлам. Вместе с тем в ряде смежных отраслей образуется большое количество отходов, содержащих эти элементы в чистом виде или в виде соединений. К таким отходам относятся отработанный висмут-молибденовый катализатор, в котором висмут и молибден находятся в виде оксидов.

В связи с вышесказанным произвели замену чистых висмута и бора в комплексном модификаторе висмут-молибденовым отработанным катализатором. Расчет весового количества катализатора производили в пересчете на добавку чистого висмута.

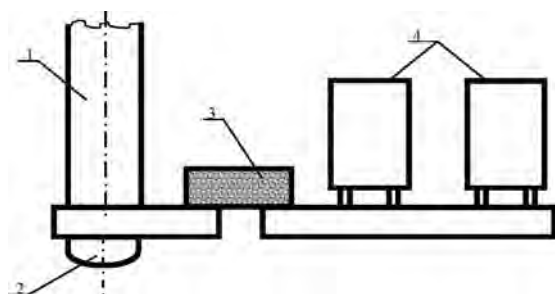
Учитывая специфику литья по ЛГМ, модификаторы вводили несколькими способами, в том числе: непосредственно в полистирольную модель, на поверхность модели, в виде вставок в литниковую систему и в ковш.

По первому способу ввод модификатора осуществляли путем нанесения модифицирующей добавки на гранулы полистирола перед вспениванием их в пресс-форме. С этой целью подвспененные гранулы пенополистирола смачивали связующим, состоящим из 2-4-х %-ного раствора поливинилбутираля в спирте, и обсыпали заданным количеством порошкообразного модификатора, который приклеивался к поверхности гранул пенополистирола.

После испарения спирта гранулы с нанесенным на них модификатором засыпали в пресс-форму и производили окончательное вспенивание гранул в автоклаве с целью получения требуемой конфигурации модели.

По второму способу на поверхность полистирольной модели наносили модифицирующий состав, состоящий из тонкоразмолотого модификатора и связующего раствора поливинилбутираля в спирте. Перед установкой кустов с образцами в форму их окрашивали противопожарной краской.

На рисунке 1 представлена схема установки в литниковую систему полистирольных вставок, модификатор в которые вводили по методике, описанной для первого способа ввода.



1 - стояк; 2 - зумф; 3 - полистирольная вставка с модификатором; 4 – образцы

Рисунок 1 - Схема установки полистирольной вставки с модификатором в литниковую систему

Ковшовое модифицирование осуществляли путем ввода вышеуказанных модификаторов под струю при заполнении ковша чугуном при температуре 1450⁰С.

Как показали результаты экспериментов (см. рис.2), критерием которых служила ширина зоны трансформации, наилучший эффект получили при ковшовом модифицировании комплексным модификатором, состоящим из Al+BiMo катализатор +SiCa.



а – исходная, б – модифицированная Al + BiMo(катализатор) + SiCa
Рисунок 2 – Макроструктура изломов образцов

На рисунке 2 представлены макроструктуры изломов образцов: а- исходного чугуна (немодифицированного); б- модифицированного комплексным модификатором, содержащим отходы висмут-молибденового катализатора вместо чистых висмута и бора. Излом немодифицированного образца характеризуется наличием сплошной трансформации. У модифицированного образца равноосная структура наблюдается по всему его сечению.

Остальные способы ввода не дали стабильных результатов по ликвидации трансформации в литых образцах из ВХЧ.

Таким образом, можно сделать вывод, что для эффективного модифицирования можно использовать вторичные ресурсы, содержащие дорогие дефицитные металлы и таким образом удешевить процесс модифицирования.

Литература

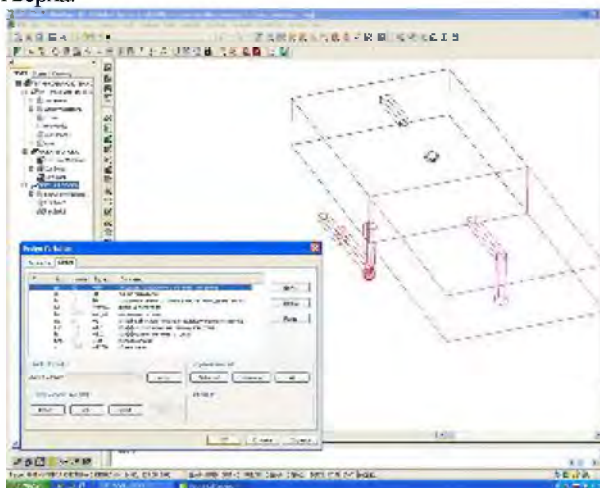
1. Жуков А.А. и др. О комплексном модифицировании серого чугуна// Литейное производство. - 1985. - №3. - С.9-10
2. А.с. 1650706 СССР.Способ модифицирования чугуна комплексным модификатором.
3. Ермолаев К.Н., Вертман А.А., Самарин А.Н. О механизме модифицирования металлов// Свойства расплавленных металлов.-М., 1974.- С.70-73
4. Комаров О.С., Тульев В.Д. О роли инородных включений при зарождении графита в чугуне// Литейное производство.-1984.-№6.-С.9-10
5. Комаров О.С., Садовский В.М., Урбанович Н.И. Влияние модифицирования на макроструктуру хромистого чугуна// Весці НАНБ. Серыя ФТІ.-2000. -№2.-С.24-27.

Студент гр. 104115 Кулинич А.С.
 Научный руководитель – Бежок А.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Качественный расчет элементов литниково-питающих систем для различных типов литья является сложной задачей и зависит, в первую очередь, от опыта и профессиональных качеств инженера-литейщика. Конечная цель расчета – получение геометрических параметров (размеров) всех элементов ЛПС. При этом математически расчеты выполняются по методикам, полученным на основании обработки экспериментальных данных с учетом объективных физических законов. Большая часть данных для расчетов приведена в справочной литературе в виде таблиц. По результатам расчета выполняется чертежная документация и (или) строятся трехмерные модели, которые в дальнейшем вместе с моделью отливки можно использовать для расчетов процессов заполнения формы и кристаллизации расплава в любой специализированной литейной САПР.

При необходимости можно самостоятельно автоматизировать и ускорить выполнение математических расчетов с последующей генерацией чертежей и 3D моделей ЛПС с использованием САПР (Solid Works, AMD и др.), не прибегая к услугам профессиональных программистов. Одна из методик – реализовать расчет ЛПС и получение 3d моделей за счет параметрических возможностей САПР. Минус такого подхода – трудности автоматизации выборки числовых данных для расчетов из баз данных, полученных из ГОСТов, справочников и т.д. Плюс – навыки программирования не нужны, а результат может получить любой пользователь САПР.

На рисунке показан пример реализации данного подхода к моделированию на примере простейшей ЛПС. Числовые данные для расчета и его алгоритм вводятся непосредственно в таблицу, а остальная логика получения модели реализуется на уровне взаимосвязей элементов эскизов и деталей в сборке. Результат – модель ЛПС и ее отпечаток в полуформах низа и верха.



Исследование процесса алюминотермического восстановления металлов для смесей с низкой термичностью

Студент гр. 104114 – Шевцов А.А., студент гр. 104125 – Гралько В.В.
 Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Из всего разнообразия способов получения легирующих присадок и лигатур внепечной метод имеет ряд преимуществ. Это в первую очередь связано с исключением из технологической схемы энергоемких плавильных агрегатов. Внепечная металлотермия широко используется при получении ферросплавов титана, ванадия, хрома и др. В основу процесса положено восстановление металла из оксидной фазы элементом имеющего более высокое сродство к кислороду (алюминий, кремний, магний). Металлотермические процессы сопровождаются выделением большого количества тепла, что обеспечивает получение продуктов реакции в жидком виде. Основными условиями протекания металлотермического

восстановления являются отрицательные значения энергии Гиббса (ΔQ) и требуемая термичность смеси, которая определяется по формуле:

$$\Delta q = - \frac{\Delta H^0}{\sum M_{\text{исх. вещества}}} \quad (1)$$

q – термичность смеси, Дж/г;

ΔH^0 – тепловой эффект реакции, Дж/моль;

$\sum M_{\text{исх. вещества}}$ – сумма молекулярных и атомных весов исходных веществ, взятых в стехиометрическом соотношении, г/моль.

Согласно правила Жемчужного для самопроизвольного протекания металлотермического процесса без внешнего подогрева приход тепла должен быть не ниже 2300 Дж/г.

Целью работы является исследование процесса алюминотермического восстановления ряда легирующих элементов для смесей с низкой термичностью. $^{\circ}\text{C}$

Результаты расчета представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Термичность смесей для различных оксидов

Из рисунка 1 следует, что достаточно высокой термичностью обладают смеси оксидов с восстановителем (алюминий), смеси таких металлов как железо, медь, никель, ванадий, вольфрам, молибден. Что касается хрома, цинка, кремния, титана, олова, то их значения термичности находятся в пределах от 2600 до 1500 Дж/г. Согласно правила Жемчужного для успешного протекания процесса восстановления без внешнего подогрева термичность должна превышать 2300 Дж/г.

Лабораторные исследования процессов восстановления низкотермичных смесей проводили с использованием подогрева компонентов шихты в муфельной печи.

На рисунке 2 представлено влияние температуры подогрева исходной смеси оксида хрома и алюминия на металлургический выход по хрому.

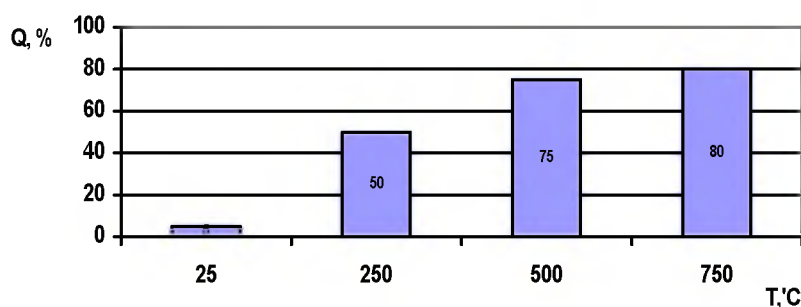


Рисунок 2 – Влияние температуры подогрева исходной смеси оксида хрома и алюминия на металлургический выход по хрому

Анализ полученных результатов свидетельствует о реальной возможности восстановления элементов имеющих низкую термичность за счет дополнительного нагрева исходной шихты.

Литература

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

УДК 621.74.021

Разделительные покрытия для изготовления стержней понагреваемой оснастке

Студент гр. 104124 Пилипович С.В.

Научный руководитель – Пивоварчик А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Стержневые смеси на основе различных терморепактивных связующих обладают способностью прилипать к рабочей поверхности модельной оснастки, что ухудшает качество поверхности стержней, их размерную точность, увеличивает брак, а в некоторых случаях при съеме высокая прилипаемость может быть причиной полного разрушения стержней. Наиболее сильно прилипают к оснастке стержневые смеси при использовании в качестве связующего феноло-формальдегидной смолы [1].

Для устранения прилипания стержневой смеси к оснастке используют различного рода разделительные покрытия.

К разделительным покрытиям для изготовления стержней по нагреваемой оснастке предъявляются следующие требования:

- термостойкость до 300⁰С;
- удобство и простота нанесения;
- незначительное газовыделение;
- многократный съём стержней с оснастки после разового нанесения.

В настоящее время известна смазка для изготовления стержней по нагреваемой оснастке КЭ – 1001 производства Г.П. «Кремнийполимер» г. Запорожье, Украина. Однако данная смазка содержит в своем составе фунгициды, которые препятствуют разложению органической основы смазки при длительном хранении. Данные вещества при испарении выбрасывают в атмосферу вредные для здоровья человека компоненты.

На кафедре «Металлургия литейных сплавов», БНТУ разработана новая нетоксичная водоразрываемая смазка для изготовления стержней по нагреваемой оснастке. Смазка в качестве основного смазывающего компонента содержит кремнийорганический гетероцепной полимер с высокой молекулярной массой, в качестве наполнителя – предельные и непредельные кислоты, в качестве поверхностно-активных веществ – неионогенное соединение, остальное – вода.

Полученный концентрат эмульсии перед применением дополнительно разводится водой в соотношении 1: 10...1:40 в зависимости от сложности производимых стержней.

Физические свойства разработанной смазки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Физические свойства смазки для изготовления стержней по нагреваемой оснастке

Физические свойства разработанной смазки					
Плотность эмульсии, кг/м ³	Вязкость по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 20 ⁰ С, сек	РН эмульсии	Седиментационная устойчивость, мес	Температура замерзания, ⁰ С	Цвет
0,91	10	7-8	>9	-0,5	Белый

Следует отметить, что при замерзании эмульсии концентрат не расслаивается, а переходит в пластичное состояние. После подогрева эмульсия приобретает прежний вид и не теряет своих эксплуатационных свойств.

Вновь разработанная смазка имеет невысокую вязкость, что позволяет механизировать процесс её нанесения.

Разработанная смазка прошла промышленное опробование и внедрена в литейном цехе №1 РУП «МТЗ». При промышленном опробовании на Минском тракторном заводе смазка наносилась на рабочие поверхности стержневых ящиков при помощи распылителей, разработанными в ОДО «Эвтектика». Смазка использовалась при изготовлении стержней по всей номенклатуре литейного цеха №1 РУП «МТЗ». Перед употреблением концентрат разработанной смазки разбавляли водой в соотношении 1:20, а смазки КЭ – 1001 – 1:10.

Литература

1. Г. В. Просьянник. Изготовление стержней по нагреваемой оснастке. – М.: Машиностроение, 1970.- С. 43

Импортозамещающая технология и оборудование для извлечения алюминия и меди из низкосортных отходов производства

Студент гр. 113624 Шуст А. С.
Научный руководитель – Андриц А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Наши города буквально опутаны несколькими миллионами километров проводов. Объем отходов, извлекаемых после эксплуатации кабелей, оценен экспертами международной федерации производителей кабелей ICF в 5 млн. тонн. В спрессованном виде это — либо куб со стороной 170 м, либо ковер толщиной 10 см и площадью 50 млн. м², либо покрытие автобана от Парижа до Мюнхена шириной 50 м. И это количество отходов каждый год становится все больше и больше, причем эти цифры относятся только к кабельной промышленности, а, следовательно, возникает проблема утилизации отработавшей свой срок кабельной продукции. Поэтому необходимость и актуальность развития соответствующих высоких технологий переработки очевидна.

Что касается России и стран СНГ, в которых отходы (за исключением меди и алюминия) до сих пор в основном подвергаются захоронению или сжиганию, то вопрос о создании новых подходов к решению проблемы вообще остается открытым. Заметим, что переработка отходов с целью извлечения меди всегда была выгодна, а переработка полимерной фракции — убыточна, т.к. проблема переработки и повторного использования полимерных отходов кабельной промышленности представляет собой весьма сложную в техническом и экономическом отношении задачу.

На российских кабельных заводах с середины 90-х стали применяться промышленные установки (в основном зарубежного производства) по переработке кабельных отходов. При этом, как это ни покажется странным, наибольшую проблему составили массовые отходы относительно тонких (менее 1 мм²) токопроводящих жил (ТПЖ) в полимерной изоляции. Речь идет в первую очередь о телефонных кабелях.

На сегодняшний день существуют три основных технологических способа переработки кабеля.

1. Отжиг кабеля на огне. Это экологически небезопасный метод. К тому же, большая часть приповерхностных слоев металла уходит в брак.

2. Зачистка кабеля от изоляции вручную — трудоемкий и длительный процесс. Таким способом можно переработать только небольшие объемы кабеля.

3. Третий способ — механическая переработка кабеля на высокопроизводительной, специализированной установке. Это наиболее эффективный и экологичный метод утилизации кабеля, при котором металл и пластиковая изоляция измельчаются и сепарируются.

Предлагаемый к освоению способ переработки предусматривает замещение импорта цветных металлов за счет создания комплексной технологии переработки отходов кабельной продукции.

Новизна состоит в создании новых технологических принципов переработки сложных отходов методом пиролиза, включающих применение магнитной сепарации, разделение материалов в тяжелых средах по удельному весу, использование различных восстановителей, обеспечивающих при замкнутом производственном цикле получение максимальной степени извлечения тяжелых цветных металлов со 100% экологической эффективностью.

Реализация технологии позволит получать дешевые сплавы и изделия на основе тяжелых цветных металлов, повысить их конкурентоспособность на внутреннем рынке, создать дополнительные рабочие места.

Предлагаемая технология разделения отходов может быть использована для переработки как уже накопившихся отходов, хранящихся на складах предприятий, причем за относительно короткий временной период, так и отходы, накапливаемые на производстве перманентно. Важно отметить, что технологический процесс по предлагаемому нами способу может быть достаточно легко реализован, т.к. оснащается оборудованием, широко используемым в обычном технологическом производстве. Предполагается также, что разработанный процесс будет работать по замкнутому циклу без вредных выбросов в окружающую среду. Кроме того, в перспективе перенос растворных методов переработки кабельных отходов и на другие типы, в т.ч., с изоляцией из других полимерных материалов и т.д.

Мы рассмотрели лишь некоторые аспекты утилизации кабельной продукции и пришли к выводу, что во-первых экология и бизнес при использовании современных технологий вполне совместимы, во-вторых, в этом сегменте рынка еще существуют незанятые ниши.

Студент гр. 104117 Родевич В.В.
Научный руководитель – Андриц А.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель данной работы - разработка технологии и оборудования для извлечения цветных металлов из вторичных ресурсов для импортозамещения первичного металло сырья.

Планируется, что разрабатываемая технология позволит получать качественную и конкурентоспособную металлопродукцию (лигатуры, припой) с использованием низкосортных отходов (оловянно-свинцовая и свинцовая изгарь). Более низкая цена металлов, извлеченных из отходов, обеспечит сокращение более чем в 2 раза стоимость готовой продукции.

На первом этапе для выявления существующих видов отходов и вариантов их переработки был проведен обзор различных информационных материалов, в результате которого была получена информация, изложенная ниже.

Ориентировочные объемы образования отходов составляют:

- свинцовая изгарь – 600 т/год;
- оловянно-свинцовая изгарь – 80 т/год.

На сегодняшний день основными способами получения оловянно-свинцовых сплавов из отходов являются:

- Непосредственная переплавка изгари с применением различных флюсов. При использовании этого способа в атмосферу выделяются СО и испарения свинца, что негативно сказывается как для персонала, так и для окружающей среды. К тому же способ характеризуется невысоким металлургическим выходом и затруднительным извлечением металла из мелкой фракции.

- Способ переработки сплавов лужения с высоким и низким содержанием олова и оловянно-свинцового припоя. Переплавка осуществляется в два этапа. Сплавы измельчаются и рассеиваются на две фракции, подвергаясь магнитной сепарации. На 1-м этапе фракция +5 мм плавится в дуговой печи при температуре Me 1070 К, шлака 1400 К; на втором этапе переплавляются фракции -5 мм при температуре Me 1270 К, шлака 1500 К.

В нашем случае основным материалом для переработки является изгарь, которая идет в отходы при лужении медного провода и пайки электронных изделий. Содержание олова и свинца в ней составляет около 80%, а также в больших количествах присутствует медь (до 17%) как в виде механических включений, так и в соединении с оловом и свинцом, что затрудняет процесс переработки.

Для определения металлургического выхода химического состава исследуемой изгари в лабораторных условиях были проведены эксперименты.

Изгарь рассеивалась на фракции и каждая фракция переплавлялась отдельно в установке без доступа воздуха с использованием специального флюса для улучшения условия слияния корольков металла. Металлургический выход металла из крупной фракции составил 75,4 %, из мелкой – 48,2 %. Химический состав по первому и второму пиролизу практически идентичен:

1. Sn 53-52%, Cu 4-5%, Pb 43-41%.
2. Sn 52-53%, Cu 5-6%, Pb 43-41%.

При использовании данного метода выделение вредных выбросов в атмосферу были минимизированы. Нежелательной особенностью эксперимента стало повышенное содержание меди и невозможность использования данного сплава в качестве припоя.

Результаты теоретического и практического исследования уже показали эффективность разрабатываемого способа переработки низкосортных отходов производства с содержанием свинца и олова, однако, первые эксперименты поставили и ряд задач для решения.

Материаловедение в машиностроении

Повышение износостойкости деталей корпусов плугов

Аспирант – Ткаченко Г.А., студент – Капленко Е.С.
 Научный руководитель – Константинов В.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Повышение износостойкости деталей корпусов плугов, отечественного производства, является актуальной проблемой, т.к. ресурс работы многих элементов, например долота, ниже западных аналогов в 1,5 – 2 раза и, как правило, не достигает до требований СТБ.

В настоящее время для изготовления рабочих органов плугов применяют углеродистую конструкционную сталь марки 65Г, с последующим объемным упрочнением, состоящим в закалке и среднем отпуске. Такая обработка структура детали состоит из троостита, которая придает рабочему органу твердость 45...50 HRC и ударную вязкость.

Самой важной деталью корпуса плуга является долото, которое предназначено для подрезания пласта почвы ее подъема и направления на отвал. Данная деталь является тяжело-нагруженной и в процессе эксплуатации подвергается химическому воздействию окружающей среды – коррозии, ударным нагрузкам, возникающим в результате ударов о камни, а также наиболее существенному воздействию, лимитирующему срок эксплуатации – изнашиванию материала массой твердых абразивных частиц.

Механизм изнашивания зависит от соотношения твердости частиц и изнашиваемого материала. Если твердость частиц абразива выше твердости изнашиваемого материала, то разрушение его поверхности трения происходит вследствие микрорезания (отделения частиц износа в виде стружки при однократном прохождении абразивной частицы) либо в результате многоциклового разрушения пластически деформируемых участков (оттесненный движущейся частицей материал отделяется от основного при повторных нагружениях). Если твердость частиц абразива ниже, чем твердость сопрягаемого металла, то возможно процесс изнашивания будет происходить следующим образом: фрикционный разогрев поверхностного слоя, вызывающий уменьшение твердости отдельных участков поверхности металла при трении о деформируемую массу, и реализации благодаря этому вышеописанного механизма [1]. Такое явление возможно при работе деталей корпусов плугов в сухой почве, если скорости движения трактора более 10 км/ч.

На интенсивность изнашивания материала оказывает влияние твердость металла в сравнении с твердостью частиц, размер частиц их форма, скорость движения деталей в абразивной массе, давление, оказываемое абразивом на деталь. Для снижения интенсивности изнашивания деталей почвообрабатывающей техники необходимо учитывать все перечисленные факторы. Наиболее простым для контроля и регулирования является твердость. Известно, что износостойкость металла повышается с ростом его твердости по параболическому закону [1]. Следовательно, необходимо приблизить твердость поверхности детали к твердости абразивных частиц, твердость которых колеблется от 9000 – 15000 МПа.

Наиболее массовым и действенным является химико-термическая обработка в частности газовая нитроцементация с последующей термической обработкой. Технологическую операцию нитроцементации легко включить в существующий технологический процесс изготовления и обработки деталей. Благодаря нитроцементации в газовой среде при 850 0С можно сформировать на поверхности детали диффузионный слой величиной до 1,0 мм, который будет обеспечивать большее повышение износостойкости, теплостойкости и коррозионной стойкости обрабатываемых изделий.

После нитроцементации и закалки деталей был проведен металлографический анализ, который показ следующее: за 5 часов изотермической выдержки был сформирован износостойкий диффузионный слой 650 – 700 мкм состоящий из легированного азотом мартенсита и остаточного аустенита. При этом максимальная твердость слоя составила 9000 МПа, рисунок 1.

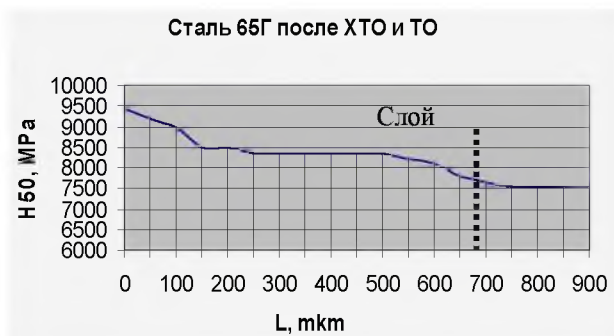


Рисунок 1 – Распределение микротвердости на стали 65Г.

Для определения целесообразности и эффективности применения технологии упрочнения деталей с помощью нитроцементации необходимо провести испытания на стойкость диффузионного слоя в абразивной среде. Наиболее точные данные можно получить, проводя испытания в полевых условиях, однако такие исследования дорогостоящие и длительные. Поэтому очевидна целесообразность проведения лабораторных испытаний, которые были бы максимально приближены к реальным условиям по скорости движения образца в абразивной массе, способу крепления и образец соответствовал реальной детали.

Для этих целей предложено применить лабораторную установку, литейные бегунки – смеситель, для испытания на изнашивание при движении образца в незакрепленных частичках, схема приведена на рисунке 2, состоящая из бака с абразивом 1, редуктора 2, электродвигателя 5, платформы 4, пускателя 3. Скорость вращения образца составляет 0,8 м/с. Оценка износостойкости проводится по потере массы образцами на пройденное расстояние. Установка имеет следующие преимущества:

- установка образца приближена к реальным условиям
- возможно применение различных составов и разных типов почв
- возможно варьирование размерами зерен и степенью увлажненности абразивной массы
- возможность изменять углы атаки к абразивной массе и к горизонтальной плоскости образцы соответствующие реальным деталям;

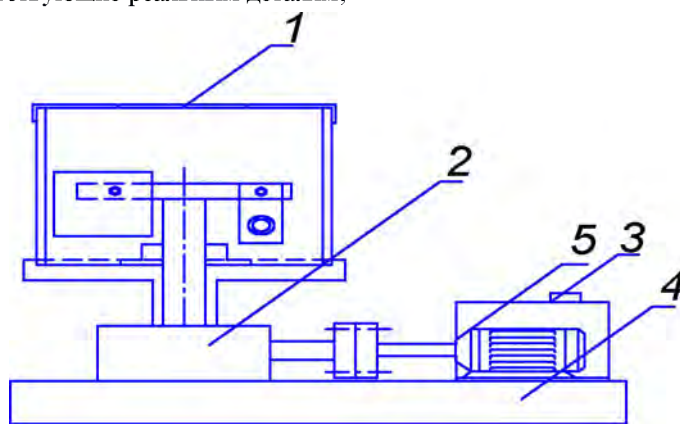


Рисунок 2 – Схема установки для лабораторных испытаний.

Применение нитроцементации для деталей почвообрабатывающей техники позволило получить износостойкий диффузионный слой с твердостью 9000 МПа, что сопоставимо с твердостью абразивных частиц почвы 9000 – 15000 МПа. Тем самым это позволит уменьшить внедрение и резание частичками абразива поверхности металла, что приведет к снижению интенсивности изнашивания и повысит ресурс деталей.

Использование лабораторных исследований износостойкости даст возможность проведения большого количества испытаний, которые помогут дешевле и быстрее давать заключение о целесообразности и эффективности использования упрочняющих технологий, связанных с повышением износостойкости деталей работающих в абразивных средах.

Литература

«Трение и износ в машинах» П.Н. Богданович; В.Я. Прушак – Мн.: Выш. Шк., 1999 – 374с.

УДК 621.78.066.6

Оптимизация режимов отпуска быстрорежущей стали

Студенты гр. 104514 Базылик Д.В., Бостынец С.М., Лебедько С.В.
 Научный руководитель – Стефанович В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью данной работы является оценка свойств и энергосбережения при термической обработке быстрорежущих сталей с использованием изосклерного отпуска.

По литературным данным [1] использование двукратного изосклерного отпуска после закалки (повышение температуры отпуска с уменьшением времени выдержки) обеспечивает аналогичные свойства быстрорежущей стали, как и после широко используемого трехкратного отпуска при 560°C. На заводе СИиТО отпуск инструмента из быстрорежущей стали проводят в селитровых ваннах СВС-3,5.8.3,5/6,5, которые позволяют технологически осуществить изосклерный отпуск. Образцы из быстрорежущей стали Р6М5 размером 16x22мм были подвергнуты закалке с $t=1220\text{ }^{\circ}\text{C}$ и последующему отпуску: трехкратному при 560 °С с выдержкой по 1 часу, двукратному изосклерному при 580°C с выдержкой 10, 20, 25 мин. и

двукратному изосклерному при 600°C с выдержкой 10, 15 мин. Испытания на теплостойкость проводили при $t=620$ °C и выдержкой 4 часа. Значения твердости представлены в таблице 1. Как видно из приведенных данных твердость быстрорежущей стали после изосклерного отпуска равна или выше 1...1,5 HRC твердости быстрорежущей стали обрабатываемой по общепринятому режиму. Аналогичное значение имеет и теплостойкость (таблица 1). Как видно из полученных данных основные характеристики свойств быстрорежущей стали после изосклерного отпуска имеют значения не хуже, чем после общепринятой ТО. Использование изосклерного отпуска сокращает время обработки, что позволит уменьшить энергозатраты на ТО.

Таблица 1 – Твердость быстрорежущей стали после различных видов отпуска.

t отпуска, °C	Время отпуска, мин.	Кратность отпуска	HRC после отпуска	Теплостойкость
560	60	3	64,5	56.8
580	10	2	64,3	57.3
580	20	2	65,2	57.1
580	25	2	66,0	57.0
600	10	2	64,6	57.0
600	15	2	64,0	56.0

Экономия энергии при использовании изосклерного отпуска образуется за счет уменьшения тепловых потерь печью-ванны при сокращении времени нагрева со 180 мин. при трехкратном отпуске до 40 мин. при двукратном изосклерном отпуске. Дополнительный расход энергии возможен за счет излучения зеркалом ванны при повышении температуры расплава.

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

Выводы:

1. Изосклерный отпуск не ухудшает твердость и теплостойкость быстрорежущей стали.
2. Температурно-временные режимы не требуют жесткого соблюдения их значений, что позволяет применять изосклерный отпуск для инструмента различного сечения.
3. Время термической обработки при использовании изосклерного отпуска сокращается в 4...3 раза.

Литература

Смольников Е.А. Термическая и химико-термическая обработка инструментов в соляных ваннах. – Москва: Машиностроение, 1989.

УДК 621.785

Преимущества закалки в вакууме

Студент гр. 104514 Дудинский В.М.
 Научный руководитель – Щербаков Э.Д.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Разреженная среда – вакуум находит все более широкое применение при нагреве металлов, поскольку для большинства металлов II – IV подгрупп периодической системы нельзя подобрать защитную среду, полностью исключающую взаимодействие с обрабатываемым металлом [1].

Закалка, которая еще несколько десятилетий назад, проводилась только в окислительных или восстановительных средах при атмосферном давлении, имеет тенденцию к осуществлению нагрева в вакууме, а охлаждение в потоке инертного газа.

Преимуществами закалки газом после нагрева в вакууме по сравнению с закалкой после нагрева в других защитных средах, в том числе в соляных ваннах, являются:

1. Уменьшение деформации и коробления, которые обусловлены, во-первых, отсутствием перемещения нагретых деталей при напуске газа непосредственно в камеру нагрева; во-вторых, использованием градиента температуры за счет выбранного направления охлаждающего газового потока; в-третьих, возможностью применения в вакууме в качестве материала технологической оснастки (зажимы, подставки) графита, нагревающегося медленнее, чем изделие, не деформирующегося и сохраняющего прочность при нагреве и охлаждении, в-четвертых, уменьшением напряжений в поверхностном слое [2].
2. Получение чистой светлой поверхности без науглероживания или обезуглероживания.
3. Повышение качества изделий. При вакуумной закалке в сравнении с другими видами закалки при той же твердости достигается повышенная пластичность.

Благодаря лучшему качеству поверхности повышаются эксплуатационные характеристики обрабатываемых изделий.

В ряде случаев закалка в вакууме быстрорежущих сталей при одинаковом режиме отпуска дает некоторое повышение твердости по сравнению с закалкой в соляной ванне [3]. При этом отсутствие обезуглероживания, повышение износостойкости инструмента улучшают рабочие характеристики инструмента. Отпуск в вакууме также способствует повышению срока службы штампов за счет дегазации металла, особенно удаления водорода.

4. Применение закалки в вакууме позволяет устранить или значительно сократить последующую механическую обработку и соответственно снизить припуски. Отсутствие последующей механической обработки особенно важно для изделий с высокой прочностью и твердостью (инструмент), для которых эта обработка весьма трудоемка, а также для массивных деталей сложной конфигурации, где вследствие одновременности протекания мартенситных превращений, сопровождающихся изменением размеров, возникают дополнительные деформации, приводящие к трещинам и браку при повторной механической обработке.

Сокращение объема механической обработки деталей значительно снижает их стоимость

5. Возможность повышения культуры производства, отсутствие токсичных веществ и взрывоопасных сред в производственном помещении.

6. Экономия за счет расходов на приобретение, приготовление, контроль и удаление защитной атмосферы и химикатов.

7. Снижение количества отпусков деталей из быстрорежущей стали. Опыт ряда фирм показывает, что после применения закалки быстрорежущих сталей в вакууме требуется только однократный отпуск вместо трех- и двукратного. Это явление связано с уменьшением количества остаточного аустенита.

Экономические преимущества использования вакуумного оборудования вызывают много споров, однако, учитывая то, что требования к качеству обрабатываемых изделий с каждым годом становятся выше, нельзя отрицать тот факт, что использование вакуумного оборудования при термической и химико-термической обработке становится необходимостью.

Литература

1. Мармер Э.Н., Мурованья С.Г. Электропечи для термовакуумных процессов. М.: «Энергия», 1977. – 216с.
2. Спектор А.Г., Брозголь И.М., Иртлач В.С. Деформация колец подшипников при шлифовании. – Труды «ВНИИП», 1969, №1 (57), с. 3-15.
3. Такахаси М., Уэхара К. Термообработка инструмента из быстрорежущей стали в вакуумных печах. – «Коре канецу», 1969, т. 6, №4, с. 194-200 (Перевод ВИНТИ, 1970, №87948)

УДК 621.785

Применения вакуумного оборудования при химико-термической обработке деталей

Студент гр. 104514 Дудинский В.М.
Научный руководитель – Щербаков Э.Д.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В современном мире в условиях дороговизны материалов и топливно-энергетических ресурсов добиться повышения работоспособности и надежности деталей и узлов без внедрения на производстве прогрессивных технологий термической и химико-термической обработки практически невозможно. Новое оборудование, используемое в данной области, должно отвечать требованиям международных стандартов, быть максимально автоматизированным и экологически безопасным.

В данной работе предлагается к рассмотрению возможность использования производственной линии фирмы «IPSEN INTERNATIONAL GMBH» для вакуумной химико-термической обработки (цементации, нитроцементации) деталей.

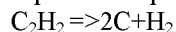
Существенными достоинствами вакуумной технологии является сокращение продолжительности процессов насыщения, снижение потребления ТЭП (вакуумные печи «IPSEN» - 1130 кВт, камерные печи «IPSEN» - 1804 кВт, вакуумные печи «В.М.І» - 1540 кВт) и отсутствие внутреннего межкристаллического окисления (за счет отсутствия в атмосфере кислородосодержащих компонентов).

На основании справочных данных энергоемкость снижается за счет действия ряда факторов: сокращение длительности цикла на 50-70 %, исключение затрат природного газа и электроэнергии на подготовительные операции - нагрев и вывод печей на рабочий режим, снижение расхода карбюризатора на насыщение, исключение затрат на приготовление эндогаза.

Рассматриваемый процесс представляет собой предварительную мойку деталей, нагрев в проходной атмосферной печи до 450 °С (позволяет обеспечить выгорание остатков масла и экономии времени обработки в вакуумных печах), загрузку модулем в вакуумные печи.

Нагрев осуществляется либо в вакууме (радиационный обмен), либо в азоте (конвекция). Цементация происходит при температуре 930-1050 °С, при низком давлении (менее 100 миллибар = 10 000 Па = 10 кПа), в течении 5-9 часов (в зависимости от требуемой толщины слоя). Толщина слоя определяется общим временем цикла. Количество необходимого газа регулируется в зависимости от массы, суммарной площади насыщения и соотношением продолжительности насыщения и диффузию. Основным карбюризатором является ацетилен (возможен этилен). Применение ацетилена при низком давлении позволяет избежать большой неравномерности насыщения углеродом поверхностей обрабатываемых деталей, и обильного сажеобразования, по сравнению с насыщением в природном газе. В отличие от газовой цементации, когда подвод углевода к поверхности деталей осуществляется благодаря химическим реакциям компонентов атмосферы (СО, СО₂, Н₂О, Н₂, С₂Н₂) при вакуумной цементации происходит непосредственная адсорбция сталью углерода, который откладывается на очищенной поверхности металла в результате разложения ацетилена.

В рабочем пространстве печи происходит диссоциация ацетилена:



При вакуумном насыщении на рассматриваемом оборудовании используется метод чередования коротких циклов насыщения и диффузии. Последовательное осуществление вакуумирования и подачи газа позволяет удалять из глухих отверстий воздух и отработанную науглероживающую среду и обеспечить поступление свежих порций газа во внутренние полости детали.

При осуществлении нитроцементации в рабочее пространство дополнительно подают аммиак.

После цементации детали вакуумным модулем перегружаются в закалочный модуль, где при давлении 20 бар (2 000000 Па = 2МПа) проходит закалка в гелии.

Линия оборудована установкой многократного использования гелия, что позволяет сделать применение гелия более экономически выгодным, чем азот. На один цикл потери гелия составляют 5 % от поданного количества на закалку.

Закалка в газе по сравнению с закалкой в масле обладает следующими преимуществами: отсутствие «паровой рубашки» и управление скоростью мартенситного и перлитного превращений, обеспечивающих снижений деформаций, исключение последующих операций мойки и очистки.

В качестве технологических газов в линии использующиеся водород и азот для продувки форсунок подачи ацетилена, с целью выжигания сажи.

Применение гелия в качестве закалочной среды перед традиционной закалке в азоте обеспечивает большую прокаливаемость и закаливаемость деталей. Глубина слоя и структура на готовых деталях совершенно гомогенны на всех деталях.

Таким образом, выпускаемое фирмой «IPSEN INTERNATIONAL GMBH» оборудование позволяет получать высококачественную продукцию, исключив из производственного цикла более энергозатратные и экологически небезопасные соляные ванны и другое морально устаревшее оборудование для химико-термической обработки.

УДК 669:620.16

Проблемы разрушения муфты замка для бурильных труб

Студенты гр. 104215 Борткевич Г.В., Булойчик И.А.
Научные руководители – Стефанович В.А., Борисов С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является анализ причин разрушения муфты замка для бурильных труб.

Для анализа была представлена муфта с изломом со стороны трубы. Согласно ГОСТ 7918 – 75 детали замка должны изготавливаться в соответствии с нижеприведенными требованиями настоящего стандарта:

п.2.2. Замки должны изготавливаться из стали 40ХН и подвергаться улучшению на твердость 28...32 HRC по всему сечению изделия. Механические свойства которой после термообработки должны быть не ниже следующих:

предел прочности при растяжении, кГс/мм ²	90
предел текучести при растяжении, кГс/мм ²	70
относительное удлинение, %	15
относительное сужение, %	50
ударная вязкость при 20 °С, кГс*м/см ²	12
твердость, HRC (НВ)	28(262)

п.2.3. Наружная поверхность муфт и ниппелей должна быть подвергнута индукционной термообработке на глубину 1,5-2,5 мм до твердости, не менее 49,5 HRC. При этом участки длиной 50 – 65 мм со стороны торца замковой резьбы муфты и 30 - 35 мм со стороны трубной резьбы ниппеля и муфты индукционной термообработке не подлежат.

Допускается закалка отдельными поясками, размеры которых указываются в рабочих чертежах.

п.2.2, 2.3 (Измененная редакция,Изм.№1,2)

п.2.4 Замокная резьба 3-50 ниппеля и муфты должны быть подвергнута индукционной обработке на глубину от 3,3 до 5,0 мм от вершины профиля до твердости 49-57 HRC в зоне от второго до десятого витков, считая от заходного витка. После индукционной термообработки для снятия внутренних напряжений детали должны быть подвергнуты низкому отпуску или операции, его заменяющей.

Согласно вышеприведенных выдержек ГОСТ 7918-71 участки муфты длиной 50 – 65 мм со стороны торца замковой резьбы и 30 - 35 мм со стороны трубной резьбы должны иметь твердость HRC 28 (HB262), что обеспечивать ударную вязкость при 20°C не ниже 12 кГс*м/см² относительное удлинение 15%, относительное сужение 50%.

В представленной на анализ муфте замка произошло разрушения в зоне резьбы (рис.1).

Длина обломанной части составляла примерно 60мм.

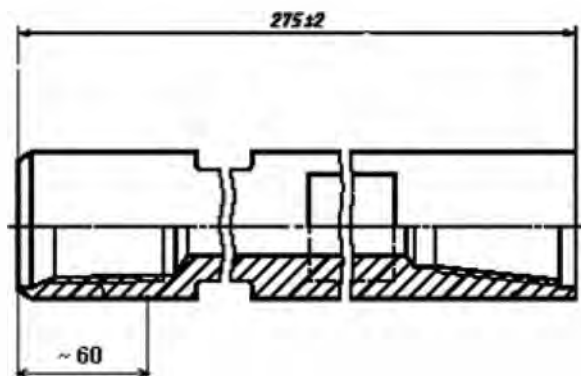


Рисунок 1 – Схема излома муфты со стороны замковой резьбы

Для выявления причин разрушения муфты были выполнены следующие исследования: химический и металлографический анализы, измерение твердости по поверхности муфты, измерение микротвердости по сечению муфты.

Как показал химический анализ, представленная муфта изготовлена из стали 40X, а не из стали 40XH, что противоречит ГОСТ 7918 – 75. Сравнение механических свойств, сталей 40X и 40XH обработанных на одинаковую прочность ($\sigma_B = 1000$ МПа, $\sigma_T = 800$ МПа) имеют различную вязкость: сталь 40X – КСУ 0,6 МДж/м²; сталь 40XH – КСУ 0,7 МДж/м². У стали 40X вязкость на 14... 15 % ниже [1].

Измерение микротвёрдости по сечению муфты в зоне разрушения показало, что значение твёрдости по всему сечению одинаковая и составляет 4570±200 МПа, что соответствует твёрдости 44 HRC.

Распределение твёрдости по длине муфты показало, что в зонах резьбы (место разрушения) твёрдость составляет 43...45 HRC в более массивной части муфты твёрдость ниже и колеблется в пределах 32...35 HRC.

Микроструктура муфты в зоне разрушения имеет игольчатое строение и представляет собой троостит отпуска, а не сорбит отпуска зернистого строения.

Таким образом причиной разрушения муфты буровых труб является полное несоответствие механических свойств, структуры техническим требованиям в соответствии ГОСТ 7918-75, которые выразились в следующем:

1. Химический анализ стали муфты показал, что используется сталь 40X, а не сталь 40XH. Сталь 40X по сравнению с 40XH имеет меньшую вязкость (сталь 40XH-КСУ 0,6 МДж/м²; сталь 40XH-КСУ 0,7 МДж/м²), что уменьшает сопротивление ударным нагрузкам.

2. Повышенная твёрдость в зоне резьб муфты, которая составляет 43...45 HRC вместо 28...32 HRC. Твёрдость 44...45 HRC соответствует области хрупкости I-го рода, т.е. вязкость в зоне резьб резьбы муфты будет гораздо меньше требуемой ≥ 12 кГс/см².

3. Микроструктура в сечении резьб муфты при требуемой твёрдости ≥ 28 HRC должна быть сорбит отпуска и иметь зернистое строение. В исследуемом сечении структура имеет игольчатое строение, которая обладает низкой вязкостью, чем зернистая структура.

Литература

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В. Векслер Ю.Г. Специальные стали. М. «Металлургия», 1985.
2. Конструкционные стали (справочник) Приданцев М.В., Давыдова Л.Н., Тамарина И.А., М., «Металлургия», 1980, 288с.
3. Гуляев А.П., Мещерикова О.Н., Зикеев В.Н. и др. Металловедение и термическая обработка металлов, 1968, №9, с 39 – 42.
4. Марочник сталей и сплавов. М., ЦНИИТмаш, 1971. 481с. с ил.

Новая форма интеграции науки и промышленности

Студент гр.104126 Шестюк И.В.
Научный руководитель – Менделеева О.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технопарки являются новой формой интеграции высшего образования, науки, промышленности, предпринимательства, источников финансирования, региональных и местных органов управления и власти. Технопарки позволяют эффективно создавать и реализовать технологии, присущие индустриально развитой стране 21 века.

Начало технопаркам было положено в США Стенфордским университетом в 50 гг. В 80 гг. технопарки в США стали появляться один за другим. Это привело к развитию наукоёмкого сектора промышленности. В США технопарки являются в основном государственными исследовательскими центрами. На сегодняшний день в США насчитывается более 160 технопарков (более 30% от общего числа технопарков в мире).

Наиболее известным примером крупного научного и технологического парка является «Силиконовая долина», название которой стало нарицательным и обозначает определенную территорию, на которой сконцентрированы объекты электронной и компьютерной индустрии, зону высоких технологий. В настоящее время в США существует несколько моделей взаимоотношений университетов с технопарками.

Кризис в экономике всегда был толчком к созданию технопарков. В Европе технопарки появились вначале 70 гг.

В конце 80 гг. начинается формирование первой волны российских технопарков и создается ассоциация «Технопарк», которая занимается изучением и адаптацией к российским условиям зарубежного опыта создания технопарков, пропагандой и разъяснением сущности технопарка как наиболее эффективной формы обеспечения развития малого инновационного предпринимательства, подготовкой кадров для технопарков и малых инновационных фирм, в том числе с привлечением ведущих зарубежных специалистов. Благодаря усилиям данной ассоциации в эти годы в России произошел бурный рост технопарков (от 2 в 1990г. до 43 в 1993г.). Первый технопарк в Российской Федерации – «Томский научно-технологический парк» был создан в 1990 г. Сейчас по количеству технопарков Россия занимает пятое место в мире (более 60 технопарков).

Российские технопарки оказались по существу «инкубаторами», задача которых состоит в том, чтобы создать льготные условия для молодых ученых, а для только возникшего бизнеса дать возможность набраться сил для независимого существования (характерный пример – Научный парк МГУ). В развитии российской информационно-технической индустрии «инкубаторы» не сыграли заметной роли.

Республика Беларусь также имеет опыт работы технопарка. 5 ноября 1992 года Белорусской Государственной Политехнической Академией (БГПА) на базе Механико-технологического факультета учрежден учебный научно-производственный центр «МЕТОЛИТ» БГПА. Унитарное предприятие «Технопарк БНТУ «Метолит» образовано с целью создания благоприятных условий для развития предпринимательства в научно-технической сфере, осуществления инновационного процесса, поиск новшества- выпуск инновационного продукта- реализация. Разработки Технопарка удостоены ряда высших наград. Сегодня «Метолит» представляет собой развитую структуру научных и инновационных подразделений.

Особенности процесса цементации в современном производстве

Студент гр.104214 Гегеня Д.В.
Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме уменьшения затрат при цементации и сокращения ее продолжительности.

Актуальными в настоящее время являются вопросы повышения надёжности и долговечности машин, приборов, установок, повышение их качества и эффективности работы, а также, вопросы экономии металлов, борьбы с коррозией и износом деталей машин. Роль проблемы повышения долговечности машин и механизмов, приборов и установок особенно возросла в последнее время, так как развитие большинства отраслей промышленности связано с повышением нагрузок, температур, агрессивности сред, в которых работают детали.

Одним из возможных решений в повышении долговечности деталей является цементация.

Цементация – это процесс насыщения металлов и сплавов углеродом. Цементация сталей (в сочетании с термообработкой) проводится с целью повышения поверхностной твердости, износостойкости и усталостной прочности при сохранении высокой вязкости сердцевины.

Цементация является наиболее распространенным в машиностроении процессом химико-термической обработки благодаря его высокой эффективности и доступности. Ее можно проводить всеми известными в настоящее время методами и способами:

- цементация в твердом карбюризаторе;
- цементация в твердом карбюризаторе с нагревом ТВЧ;
- цементация в пастах;
- цементация в пастах с нагревом ТВЧ;
- газовая цементация;
- высокотемпературная газовая цементация стали в печах;
- ионная цементация;
- газовая цементация кислородно-ацетиленовым пламенем;
- цементация в расплавах солей;
- цементация в расплавленном чугуе.

Самой распространенной является газовая цементация т.к. она менее продолжительна, позволяет регулировать глубину и состав цементованного слоя, а самое главное легко поддается механизации и автоматизации.

Совершенствование цементации пошло по пути улучшения системы управления углеродным потенциалом печной атмосферы. Управление углеродным потенциалом решило целый комплекс проблем газовой цементации: уменьшило количество немартенситных составляющих в микроструктуре цементованного слоя, исключило грубые дефекты типа цементитной сетки, упорядочило распределение микротвердости по толщине цементованного слоя, обеспечило высокую стабильность технологических процессов в производственных условиях и значительно снизило дисперсию свойств обрабатываемых деталей. Прирост долговечности деталей в некоторых случаях составил до 300%.

Однако ряд существенных проблемы остались нерешенными:

- большая длительность процесса: в среднем процесс цементации длится 8 – 9 ч.;
- высокая температура процесса 900 – 950 °С и большая длительность обуславливают большие затраты на электроэнергию;
- высокие затраты на содержание оборудования.

УДК 669.1.015

Маркировка сталей в странах Европейского Союза

Студент гр. 104215 Корзик А.П.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Целью настоящей работы является усиления внимания к проблеме маркировки сталей в соответствии с действующими нормами Европейского Союза. Европейская система маркировки подробно изложена в стандарте EN 10027 в двух частях. На данный момент действующими являются EN 10027 (часть 1) от октября 2005 года, которая определяет порядок наименования сталей путем присвоения им буквенно-цифровых обозначений, и EN 10027 (часть 2) от сентября 1992 года, которая определяет порядок присвоения сталям порядковых номеров.

Согласно первой части стандарта стали, по порядку присвоения им наименования, делятся на две группы. Первую группу составляют стали, наименование которых определяется их назначением и механическими или физическими свойствами. Наименование этой группы состоит из одной или более букв (X), связанных с назначением стали, далее следуют цифры, определяющие свойства стали (ppp). За цифрами могут следовать дополнительные символы, определяющие состояние поставки стали и ее назначение (ap...). Далее могут указываться дополнительные символы для изделий, изготовленных из этого вида сталей (+ap +ap...). Скелет маркировки, исходя из вышеназванных принципов, можно представить в виде: |X| ppp | ap... | +ap +ap...| .

Приведем маркировку сталей первой группы:

1. Строительные стали обозначаются буквой “S” (при необходимости впереди ставится буква “G”, означающая «стальное литьё»), далее следует значение минимального предела текучести в МПа из трех цифр, а затем дополнительная информация о предварительной обработке и назначении стали. Например: S235JR, S355N.

2. Стали для котлов и сосудов высокого давления начинаются с буквы “P” (при необходимости впереди ставится буква “G”, означающая «стальное литьё»), следом идут три цифры, обозначающие

минимальный предел текучести в МПа. Далее идут буквенные обозначения, определяющие предварительную обработку и температуру эксплуатации. Например: P265GH, P355M.

3. Стали для трубопроводов начинаются с буквы “L”, затем три цифры минимального предела текучести в МПа. После этого буквенные обозначения предварительной обработки либо другие качества, при необходимости с одной или двумя цифрами. Например: L360GA.

4. Стали для машиностроения начинаются с буквы “E”, следом идут три цифры минимального предела прочности в МПа. Далее буква “G” означает другие качества, если необходимо с одной или двумя цифрами, и буквой “C” отмечается ее способность к волочению. Например: E295, E295GC.

5. Арматурные стали обозначаются буквой “B”, далее следует значение минимального предела текучести в МПа (три цифры). Затем при необходимости указывается способность стали к вытяжке (N – нормальной, H – высокой вытяжки). Например: B500A.

6. Стали для предварительно напряженных конструкций начинаются с буквы “Y”, далее – четыре цифры, обозначающие минимальное временное сопротивление в МПа. Затем следует буквенное обозначение особенностей состояния стали. Например: Y1770C.

7. Рельсовые стали начинаются с буквы “R”, затем три цифры твердости по Бринеллю (HB), далее химический символ легирующего элемента (Cr – легированная хромом, Mn – высокое содержание марганца). Например: R320Cr.

8. Листовой прокат для холодной штамповки обозначается буквой “D”, далее еще одна буква свойства: C – холоднокатаный, D – горячекатаный, X – состояние проката (с двумя определяющими символами). Далее следуют буквы, определяющие назначение стали. Например: DD14, DC04.

9. Листовой прокат из высокопрочной стали для холодной штамповки начинается символом “H”, далее свойство и минимальный предел текучести из трех цифр в МПа: C (CT) – холоднокатаный, D (DT) – горячекатаный, X (XT) – вид проката (горячий или холодный) не указан. Далее буквами указывается состояние стали. Например: HC400LA.

10. Упаковочные листы и ленты обозначается буквой “T”. Далее три цифры минимального предела текучести в МПа (если после “H” – для полной закалки, “S” – для неполной закалки). TH550, TS550.

11. Электротехнические стали начинаются с буквы “M”. Затем три цифры предельно допустимых потерь на перемагничивание в Вт/кг, умноженные на 100. Потом через дефис две цифры – минимальная толщина, умноженная на 100 в мм. Потом буквами указывается состояние структуры. Например: M400-50A.

Далее идут стали второй группы:

1. Нелегированные стали со средним содержанием марганца менее 1% (кроме автоматных) начинаются с буквы “C” (при необходимости впереди ставится буква “G”, означающая «стальное литье»). Далее цифры – среднее содержание углерода в процентах, умноженное на 100. Далее буквами указывается назначение стали, содержание серы. Например: C20D, C35E.

2. Нелегированные стали с содержанием марганца менее либо равным 1%, нелегированные автоматные стали, легированные стали (кроме быстрорежущих) с содержанием каждого легирующего элемента до 5% не обозначаются начальной буквой (при необходимости ставится буква “G”, означающая «стальное литье»). Далее – среднее содержание углерода в процентах, умноженное на 100. Затем указывается символы химических элементов. Цифры указываются отдельно для каждого элемента через тире и означают среднее содержание элемента, умноженное на определенные для каждого элемента коэффициенты (Cr, Co, Mn, Ni, Si, W – 4, Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr – 10, Ce, N, P, S – 100, B – 1000). Например: 13CrMo4-5, 28Mn6.

3. Легированные стали (кроме быстрорежущих) со средним содержанием, по меньшей мере одного легирующего элемента, более 5% начинаются с буквы “X” (при необходимости впереди ставится буква “G”, означающая «стальное литье» или “PM” – «порошковая металлургия», характеризующие способ получения стали). Первое число – среднее содержание углерода в %, умноженное на 100 (до трех цифр). Затем указывается символы химических элементов. Цифры указываются отдельно для каждого элемента через тире и означают среднее содержание легирующего элемента. Например: X38CrMoNb16, X10CrNi18-8.

4. Быстрорежущие стали начинаются с букв “HS” (при необходимости впереди ставится буквы “PM” – «порошковая металлургия», характеризующие способ получения стали). Затем ставятся цифры через тире, означающие содержание легирующих элементов в следующем порядке: W-Mo-V-Co. Далее могут указываться символы элементов, содержание которых достаточно велико. Например: HS2-9-1-8.

Ко многим маркам сталей возможно через знак “+” добавить буквенное обозначение, определяющие особые требования, тип покрытия, вид обработки изделий, изготовленных из этих марок сталей.

Порядок присвоения порядковых номеров сталям определяется стандартом EN10027 (часть 2). Порядковый номер представляется в виде 1.XXXX, где цифра 1. определяет, что данный материал относится к сталям. Следующие две цифры определяют номер группы сталей, последние две – порядковый номер стали в группе. По номеру группы можно определить к какому типу относится та или иная сталь. Нелегированные: стали обыкновенного качества имеют порядковые номера 1.00XX, качественные – от 1.01XX до 1.09XX, высококачественные – от 1.10XX до 1.13XX, инструментальные нелегированные от 1.15XX до 1.18XX. Легированные: инструментальные легированные – от 1.20XX до 1.28XX,

быстрорежущие - от 1.32XX до 1.33XX, износостойкие – 1.34XX, подшипниковые – 1.35XX, материалы со специальными свойствами - от 1.36XX до 1.39XX, коррозионно-стойкие - от 1.40XX до 1.45XX, жаропрочные и жаростойкие - от 1.46XX до 1.49XX, высококачественные легированные конструкционные - от 1.50XX до 1.85XX, свариваемые высококачественные - от 1.87XX до 1.89XX.

УДК 669.018.58

Аморфные металлы

Студентка гр.104215 Михлюк М.А
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель настоящей работы – описание структур, способов получения, свойств и сфер применения аморфных металлов и сплавов.

Первые сведения об этом типе сплавов были получены учеными в начале 60-х годов прошлого столетия. В настоящее время в различных литературных источниках дается разное определение понятию аморфный металл. Следует отметить, что чистых аморфных металлов в природе практически не встречается. В большинстве литературных источников под понятием аморфные металлы принимаются аморфные сплавы.

Как же достигается такая структура? Аморфные металлические сплавы получают быстрой закалкой расплавов при скоростях охлаждения жидкого металла в интервале 10^4 – 10^6 град/с и при условии, что сплав содержит достаточное количество элементов, способствующих образованию аморфной структуры, так называемые аморфизаторы. Для практического применения обычно используют сплавы переходных металлов (Fe, Co, Mn, Cr, Ni и др.), в которые для образования аморфной структуры добавляют аморфообразующие элементы типа B, C, Si, P, S. Затвердевание с образованием аморфной структуры принципиально возможно для всех металлов и сплавов. Состав аморфных сплавов близок по формуле $M_{80}X_{20}$, где M — один или несколько переходных металлов, а X — один или несколько аморфизаторов. Известны аморфные сплавы, состав которых отвечает приведенной формуле: $Fe_{70}Cr_{10}P_{15}B_5$, $Fe_{40}Ni_{40}S_{14}B_6$, $Fe_{80}P_{13}B_7$ и др. Соответственно аморфные металлические сплавы разделяются (в зависимости от типа аморфизатора) на сплавы «металл—неметалл» и «металл—металл».

Структура аморфных сплавов подобна структуре замороженной жидкости. Затвердевание происходит настолько быстро, что атомы вещества оказываются замороженными в тех положениях, которые они занимали, будучи в жидком состоянии. Аморфная структура характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов, благодаря чему в ней нет кристаллической анизотропии, отсутствуют границы блоков, зерен и другие дефекты структуры, типичные для поликристаллических сплавов. Считается, что в аморфном металлическом сплаве элементарная ячейка, характерная для кристаллического состояния, также сохраняется. Однако при стыковке элементарных ячеек в пространстве порядок их нарушается, и стройность рядов атомов, характерная для дальнего порядка, отсутствует. Ближний порядок, лежащий в основе структуры аморфных сплавов, является метастабильной системой. При нагреве до температуры кристаллизации он перестраивается в обычную кристаллическую структуру. В среднем для большинства аморфных сплавов $T_{кр}$ находится в пределах 650-1000 К. При комнатной температуре аморфные сплавы могут сохранять структуру и свойства в течение 100 лет.

Существуют следующие методы получения аморфных металлов:

1. Осаждение металла из газовой фазы: вакуумное напыление, распыление и химические реакции в газовой фазе.
2. Затвердевание жидкого металла. К этой группе относятся различные методы закалки из жидкого состояния.
3. Введение дефектов в металлический кристалл. Сюда можно отнести методы облучения частицами поверхности кристалла, воздействия ударной волной и ряд других.
4. Имеется также одна особая группа методов, где речь идет об электролитическом осаждении аморфных пленок из растворов электролитов, главным образом водных.

В промышленном производстве аморфные металлы получают

- катапультированием капли на холодную пластину,
- распылением струи газа или жидкости;
- центрифугированием капли или струи,
- расплавлением тонкой пленки поверхности металла лазером с быстрым отводом тепла массой основного металла,
- сверхбыстрым охлаждением из газовой среды.

С помощью данных способов получают ленту различной ширины и толщины, проволоку и порошки.

Применение аморфных сплавов напрямую связано с их уникальными свойствами.

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

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

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

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

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

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

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

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

УДК 621.039

Металлические материалы в ядерной энергетике

Студент гр. 104215 Парницкий А.М.

Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью настоящей работы являлось изучение металлических материалов, используемых в ядерной энергетике

1. Перспективы ядерной энергетике.

В соответствии с оценками Международного энергетического агентства потребление энергии в мире в последние десятилетия росло со скоростью 3% в год. Примерно такой же рост ожидается и в 21 веке. Определяющими факторами в использовании различных источников энергии выступают запасы энергоресурсов, экономические показатели и экологические последствия их использования. Ядерная энергетика является важной составной частью производства электроэнергии, в настоящее время переживающей так называемый ядерный ренессанс. В 21 столетии во многих странах мира прогнозируется значительный рост мощностей ядерных энергоблоков (табл. 1). Сегодняшняя ядерная энергетика в мире – лучшее, что имеет человечество для целей производства и поставки дешевой электрической и тепловой энергии на необозримую перспективу с обеспечением ядерной, физической, экологической и технической безопасности в объемах, соответствующих нуждам общества.

Таблица 1 – Прогноз развития атомной энергетике на 2030 г. – интенсивный вариант

Страна	Производство электроэнергии на АЭС, млрд. кВт·ч	Доля АЭС в общем производстве электроэнергии, %	Дополнительные мощности, ГВт
США	2 037, 5	29,9	177
Китай	844,9	19,7	118
Индия	391, 3	20,8	53
Россия	433, 1	27,4	43
Бразилия	206,7	21,6	29
Франция	599, 2	78,2	26
Япония	464, 1	29,8	20
Украина	?	52...63	?

2. Аспекты радиационной повреждаемости.

Облучение конструкционных материалов при температурах эксплуатации реакторов создает беспрецедентную возможность изменения микроструктуры, механических свойств и даже внешних размеров вследствие явлений распухания, роста, ползучести. Эти изменения обусловлены радиационно-индуцированной эволюцией микроструктуры и микрокомпозиционного состава.

Именно радиационно-индуцированные явления определяют экономичность и безопасный срок эксплуатации каждого типа реакторов.

Основными механизмами деградации и размерной нестабильности материалов в процессе облучения являются смещения атомов в решётке; их последующая миграция и кластеризация; участие в процессах сегрегации и трансмутационные эффекты.

Результатом взаимодействия высокоэнергетических частиц с атомами материалов является образование не только атомных смещений, но и чужеродных атомов в результате ядерных реакций трансмутации. *Трансмутация* – это процесс, который очень чувствителен к нейтронному спектру. Образование большинства продуктов ядерных реакций трансмутации (He, H, V, Li, Mn) в нержавеющей стали вызывают тепловые нейтроны (< 0,5 эВ). Скорость генерации ядер трансмутантов и элементов радиационной микроструктуры определяется произведением сечения реакции трансмутации на плотность потока нейтронов.

3. Материалы ядерных реакторов.

Целесообразность использования материалов в ядерных энергетических установках (ЯЭУ) определенного типа зависит от конструктивных особенностей ЯЭУ, используемого теплоносителя, энергетического спектра нейтронов и т.д. Нейтронное облучение материалов приводит к следующим изменениям характеристик материалов: упрочнению; низко- и высокотемпературному радиационному охрупчиванию; радиационной ползучести; радиационному росту и радиационному распуханию; появлению наведенной активности.

Именно эти характеристики, наряду с коррозионной стойкостью, являются приоритетными при оценке и сравнении различных конструкционных материалов. При разработке новых материалов главной задачей является достижение минимального или допустимого изменения этих характеристик с целью обеспечения требуемой надежности и долговечности элементов конструкции.

Стали *феррито-перлитного* и *феррито-мартенситного* классов являются основными материалами для изготовления корпусов водо-водяных реакторов.

Нержавеющие стали и сплавы на основе никеля и хрома используются в качестве оболочек поглощающих элементов, пружинных элементов твэлов и ТВС и в отдельных случаях для дистанционирующих решеток ТВС. Для быстрых реакторов, работающих при более высоких температурах и энергонапряженности, используются жаропрочные холоднодеформированные аустенитные стали, хромистые феррито-мартенситные стали, никелевые сплавы. Для первой стенки термоядерного реактора с гелиевым охлаждением основным материалом являются *малоактивируемые хромистые стали*, при охлаждении литием – *сплавы ванадия, легированные титаном и хромом*.

4. Реакторы на тепловых нейтронах.

Радиационно-индуцированная деградация механических свойств корпусных сталей в процессе эксплуатации является результатом микроструктурных изменений наноструктурного масштаба.

В настоящее время рассматриваются три основных микромеханизма, ответственных за изменение микроструктуры корпусных сталей при облучении:

1) повреждения в матрице из-за образования радиационно-индуцированных кластеров и дислокационных петель;

2) радиационно-ускоренное формирование мелкодисперсных выделений, обогащенных медью и карбонитридами;

3) радиационно-индуцированных структур на границах зёрен и межфазных границах охрупчивающих элементов, таких как фосфор, сера, мышьяк.

5. Сплавы циркония.

Основным конструкционным материалом активных зон реакторов на тепловых нейтронах с водным теплоносителем являются *циркониевые сплавы*, обладающие низким сечением захвата нейтронов, хорошей радиационной и коррозионной стойкостью.

6. Реакторы на быстрых нейтронах.

Создание широкомасштабной ядерной энергетики невозможно без использования ядерных энергетических реакторов на быстрых нейтронах, обеспечивающих расширенное воспроизводство вторичного ядерного горючего и использование в ядерном топливном цикле всего добываемого природного урана, а впоследствии – тория.

7. Аустенитные нержавеющие стали.

Из широкого спектра материалов, предлагаемых к использованию в активных зонах эксплуатируемых и разрабатываемых ядерных реакторов, наибольший интерес представляют аустенитные нержавеющие стали (АНС).

8. Феррито-мартенситные стали.

Феррито-мартенситные стали являются приоритетными кандидатными материалами для оболочек и чехлов быстрых реакторов и первой стенки термоядерных реакторов.

Студент гр.104214 Капленко Е.С., аспирант Ткаченко Г. А.
 Научный руководитель – Константинов В.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является повышение внимания к проблеме оптимизации технологий процессов химико-термической обработки.

Нитроцементация – процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали одновременно углеродом и азотом. В зависимости от температуры нитроцементацию делят на: низкотемпературную 520 – 700 °С; среднетемпературную 760 – 860 °С и высокотемпературную 860 – 1050 °С. Преимущественное насыщение стали, азотом протекает при 500 – 800 °С, азота и углерода 820 – 920 °С, а свыше 920 °С углеродом. Структура после нитроцементации в зависимости от температуры и времени выдержки изменяется в широких пределах. При температурах до 700 градусов в основном диффузионный слой состоит из ϵ – карбида и цементита, в котором часть атомов углерода замещена атомами азота, а подслоем находятся продукты распада азотистого аустенита. С повышением температуры до 850 °С диффузионный слой состоит преимущественно из темного азотистого мартенсита и остаточного аустенита. С помощью газовой нитроцементации можно получить диффузионный до 1 мм в течение 8 – 10 часов [2]. При высоком содержании N_2 0,4-0,5% в слое образуется темная составляющая (на поверхности в виде темной точечной сетки). Она снижает предел выносливости на 30-70% и предел контакта выносливости в 5-6 раз. Толщина нитроцементированного слоя составляет 200-800 мкм. Она не должна превышать 1000 мкм. При большей толщине в нем образуется темная составляющая и другие дефекты.

Среднетемпературной нитроцементации подвергают углеродистые и легированные конструкционные стали марок: 20, 40, 20X, 40X, 18ХГТ, 20ХГМ, 30ХГТ, 12ХН3А, 20Х2Н4А с последующей термической обработкой, заключающейся в закалке в масле и низком отпуске 180 – 220 °С для обеспечения высокой твердости поверхностного слоя 58 – 62 HRC и мягкой сердцевины 30 – 40 HRC.

Низкотемпературной нитроцементации подвергают быстрорежущие и теплостойкие стали марок: P18, P6M5, P9, 4X5MCФ, 3X2B8Ф, но в отличие от конструкционных с предварительной термической обработкой для штамповых сталей – улучшение, а для быстрорежущих закалка с низким отпуском. После такой нитроцементации поверхность сталей обладает свойствами: низким коэффициентом трения, снижается прилипание металла к поверхности, теплостойкостью.

В настоящее время нитроцементация применяется и для деталей почвообрабатывающих машин долота, лемеха изготовленных из стали 65Г с целью повышения износостойкости. Твердость слоя составляет 64 HRC.

Преимуществами процесса нитроцементации из газовой среды является:

- процесс не сопровождается сажеобразованием; - процесс является массовым; - возможность закалки деталей непосредственно с температуры процесса.

Недостатками процесса является:

- необходимость поддержания в строгих пределах азотирующей и науглероживающей способности газовой среды; - в настоящее время процесс является энергозатратным; - процесс насыщения является длительным; - конвективный нагрев (медленный); - нет возможности локального насыщения.

Существуют процессы нитроцементации из порошковых сред. Для осуществления этого процесса необходимо изготовить специальный порошок, состоящий из угля, активатора (Na_2CO_3 пищевая сода), железистосинеродистого калия и балластной добавки, например, оксида хрома. Каждый компонент в определенном соотношении помещается в шаровую мельницу, где происходит процесс измельчения компонентов до определенной фракции, а также их смешивание. Готовый порошок засыпают в специальный контейнер, затем помещают детали, а свободное пространство засыпают порошком. Для герметизации контейнера используется оксид бора. Продолжительность процесса сопоставима с газовой цементацией и составляет 8 – 10 часов и при этом формируется диффузионный слой до 1 мм. Структура диффузионных слоев и свойства аналогичны слоям после газовой цементации.

Преимуществами данного процесса является:

- отсутствие дорогостоящего газового оборудования (эндогенератора); - возможно восстановление насыщающей активности порошковой среды; - многократное использование порошковой среды; - отсутствует контроль за насыщающей средой; - равномерное образование диффузионного слоя.

Недостатком данного метода является:

- закалка только с повторного нагрева; - мелко- и среднесерийное производство; - длительность; - конвективный нагрев (медленный); - нет возможности локального насыщения. Альтернативой газовой и порошковой нитроцементации может служить нитроцементация с применением нагрева токами высокой частоты. В данном процессе диффузионное насыщение может проводиться порошковой среды. Порошковую среду приготавливают, как и в предыдущем способе. Данный метод позволяет совмещать нагрев под закалку с диффузионным насыщением, что значительно сокращает продолжительность

процесса. За счет использования электрохимико-термической обработки удается получать, за несколько минут, слои такой же величины, как при газовой цементации в течение нескольких часов. За время 60..200 секунд при нитроцементации 1000 – 1100 °С получается диффузионный слой толщиной 0,06 – 0,6 мм. Металлографический анализ структуры показал следующее: после нитроцементации при температурах 1000 – 1100 °С и последующей закалки, диффузионный слой состоит из игольчатого мартенсита и остаточного аустенита, и твердость слоя составляет 9000 МПа. Повышение температуры насыщения до 1200 °С приводит к образованию на головке болта жидкометаллической фазы, что позволяет получить на стали 40Х за 90 секунд слой в 0,90 мм белого доэвтектического чугуна, с твердостью 12000 МПа [1].

Преимущества данного метода:

- быстрое формирование диффузионного слоя (секунды);
- совмещение процесса с нагревом под закалку;
- нагрев токами высокой частоты (быстрый);
- формирование различных структур диффузионного слоя;
- более высокая твердость диффузионного слоя 9000 МПа – 12000 МПа;
- локальное упрочнение деталей (порошок смешивают со связующим - канцелярский клей);
- экологически чистый процесс;
- энергосберегающий;

Недостатки процесса:

- контроль температуры;
- возможность перегрева и оплавления деталей на высоких температурах;
- мелкосерийный;
- нанесение и сушка паст (порошок со связующим);

Процесс нитроцементации можно проводить различными методами на различных сталях и при различных температурах.

Литература

1. Ткаченко Г.А. Получение диффузионных слоев методом электрохимико-термической обработки. / Материалы VIII Респ. СНТК «Новые материалы и технологии их обработки», 18-20 апреля 2007 г., Минск, БНТУ. - С 35-36.
2. Ляхович Л.С. Справочник. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. / М. «Металлургия» 1981 г. С – 424.

УДК 546.77.281

Аллитирование сталей с целью повышения жаростойкости и термостойкости

Студент гр. 104217 Янушик Н.М.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью работы являлось повышение жаростойкости, термостойкости, термостабильности, увеличение толщины покрытий и повышение их пластичности. Работа выполнялась под руководством д. т. н., профессора Ляховича Л.С.

Образцы технического железа и стали 45, 20Х13, 08Х18Н10Т и 12Х23Н18 алитировали в порошковых смесях из алюминия АПС-1 и оксида алюминия марки х. ч. в контейнерах с плавким затвором. В качестве активаторов использовали фтористый алюминий и хлористый аммоний. Увеличение содержания алюминия в смеси приводило к значительному росту толщины слоев (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Толщина алитированных слоев на сталях в зависимости от содержания алюминия в смеси из АПС-1, Al₂O₃ и 2% AlF₃ полученных при 1000 °С за 5 ч, мкм

Содержание алюминия в смеси, %	Марка стали			
	45	20Х13	08Х18Н10Т	12Х23Н18
0	210	220	180	150
10	410	430	250	200
20	650	570	310	250
30	860	670	380	310
40	1100	740	440	350
50	1300	800	500	400

При содержании алюминия в смеси более 20%, алитированные слои имели низкое качество поверхности, трещины, сколы. Поэтому в дальнейших исследованиях более подробно изучали насыщение в смесях с содержанием алюминия до 20 %.

Рассмотрим результаты испытаний на жаростойкость образцов стали 08Х18Н10Т после алитирования в смесях с 5 – 10% алюминия при температурах насыщения 800, 900, 1000 и 1100 °С в

течение 5ч. Испытания проводили по схеме: нагрев до 1000⁰С, 2-2,5ч, выдержка при 1000⁰С 5ч, охлаждение до 200-300⁰С вместе с печью, 15ч, а затем на воздухе. После каждого цикла испытаний определяли относительное изменение массы (г/м²). Длительность испытаний составляла 20 циклов, суммарная выдержка при 1000⁰С – 100ч.

Слои, полученные в смеси с 5% алюминия при 800 и 900⁰С, имели практически одинаковое увеличение массы за 100ч испытаний, полученные при 1000⁰С – несколько меньшее, при 1100⁰С – несколько большее. Однако скорости окисления слоев, полученных при различных температурах в смеси с 5% алюминия, после двух – четырех циклов испытаний становились практически одинаковыми. В смеси с 10% алюминия при 800, 900 и 1000⁰С получены слои, уровень жаростойкости которых одного порядка с таковым слоев, полученных в смеси с 5% алюминия. Повышение температуры алитирования до 1100⁰С привело к уменьшению удельного изменения массы образцов за 100ч испытаний до 35г/м². Аналогичные зависимости по жаростойкости получены также для технического железа и сталей 45 и 20Х13.

Циклические испытания на жаростойкость в сочетании с резкими термическими ударами проводили по следующему режиму: нагрев до 1000⁰С за 5 мин, выдержка при 1000⁰С 5ч, охлаждение в воде. Увеличение массы образцов, которое наблюдается для некоторых режимов насыщения, объясняется образованием на поверхности покрытий плотных, не скалывающихся окисных пленок, надежно защищающих сталь от окисления. Уменьшение массы образцов при таких испытаниях связано с отслаиванием образовавшейся при 1000⁰С окалины и хрупкой зоны алюминидов покрытия. Наилучшими защитными свойствами при таких испытаниях обладают слои, полученные в результате насыщения в смеси с 5% алюминия при 1100⁰С, имеющие структуру α -твердого раствора, зону FeAl на поверхности и концентрацию алюминия около 35%. Алитирование в смеси с 10% алюминия приводит к образованию на поверхности зоны алюминидов Fe₂Al₅, обладающего повышенной хрупкостью. Эта зона скалывалась при испытаниях.

Для устранения хрупкой зоны алюминидов Fe₂Al₅ проводили отжиг алитированных слоев, полученных при 1000⁰С в смеси с 10% алюминия, при 1100⁰С в течение 5 часов, который привел к увеличению общей толщины слоя, уменьшению концентрации алюминия на поверхности, обеспечил получение плотной защитной окисной пленки, практически не скалывающейся при испытании.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать условия алитирования, позволяющие получить слои, пригодные для работы в условиях высокотемпературной газовой коррозии и термических ударов: 1) алитирование в смеси с 5% алюминия при 1100⁰С 5 ч; 2) алитирование в смеси с 10% алюминия при 1000⁰С 5 ч, отжиг при 1100⁰С 5ч.

УДК 621.785.5

Анализ эффективности использования химико-термической обработки для повышения стойкости оснастки для протягивания металлопроката в условиях МТЗ

Студент гр. 104214 Генюш И.П.
Научный руководитель – Ситкевич М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для изготовления различных видов быстроизнашивающихся деталей оснастки для протягивания металлопроката (фильеров) на Минском тракторном заводе (МТЗ) используются преимущественно стали У10, 7ХЗ. Для повышения свойств поверхностных слоев изделий из этих сталей могут быть выполнены различные методы химико-термической обработки (ХТО). При этом наибольший интерес представляют процессы, протекающие в условиях нагрева в обычных камерных печах с окислительной атмосферой без использования специального оборудования и устройств, причем целесообразно применение диффузионноактивных сред, которые могут быть насыпаны на рабочие поверхности деталей тонким слоем, обеспечивая наряду с химико-термической обработкой и защиту поверхностных слоев от окисления и обезуглероживания.

В настоящее время на кафедре «Материаловедение в машиностроении» БНТУ разработаны порошковые среды для получения диффузионных покрытий с различными показателями свойств. В случае деталей, работающих в контакте с абразивным материалом, когда имеет место преимущественное изнашивание их поверхностных слоев, наиболее рационально использование смесей для получения диффузионных покрытий на основе высокотвердых фаз. Такие диффузионные покрытия на стальных изделиях формируются в результате процессов химико-термической обработки с использованием в качестве насыщающих компонентов химических элементов в системе бор-кремний. Причем результаты исследований показывают, что одновременное комплексное насыщение несколькими компонентами более эффективно, чем однокомпонентное.

В связи со сказанным в условиях МТЗ с целью повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей оснастки для протягивания металлопроката проведены работы по применению процессов диффузионного упрочнения с использованием порошковых смесей для боросилицирования при

температурах 900-920°C. При этом по отработанным параметрам подвергаются ХТО партии фильеров для протягивания металлопроката различных сечений круглого профиля. Процесс боросилицирования осуществляется в условиях термического цеха Минского завода специального инструмента и технологической оснастки, входящего в производственное объединение «Минский тракторный завод» и находящегося на его территории.

Проведенные дюраметрические исследования с использованием микродвёрдомера ПМТ-3 показали, что на образцах из стали У10 микротвёрдость рабочих поверхностей в результате боросилицирования становится 13,5 ГПа. В случае использования стали 7ХЗ микротвёрдость поверхностных слоев после боросилицирования составляет 14,1 ГПа. В тоже время без химико-термической обработки после закалки и низкого отпуска микротвёрдость исследованных сталей не превышает 8 ГПа.

В настоящее время боросилицированные детали оснастки для протягивания металлопроката находятся в эксплуатации в производственных условиях цеха подготовки и хранения материалов МТЗ. Проведенные цеховые наблюдения показывают, что в результате использования боросилицированных фильеров обеспечивается протягивание более 6 тонн металлопроката сечением 50 мм в то время как в случае фильеров без ХТО масса протянутого металлопроката не превышает 2 тонны. Это свидетельствует о повышении их стойкости более чем в 3 раза с одновременным увеличением эксплуатационных периодов, приводящих к уменьшению объемов ремонтных работ, необходимых для замены вышедших из строя фильеров на новые.

УДК 621.793.7

Структура и свойства напыленных покрытий NiCrBSi-Mo

Студент гр. 104514 Назарова О.И.
Научный руководитель – Соколов Ю.В.
Белорусский Национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является исследование процесса структурообразования и становления свойств напыленных покрытий из порошковой композиции NiCrBSi-Mo.

Развитие метода плазменного напыления применительно к формообразованию сложных поверхностей, например, матриц пресс-форм требует создания условий, обеспечивающих высокую степень компактности напыленного слоя покрытия со стороны модели-подложки. Этот слой покрытия – рабочий слой матрицы - непосредственно участвует в процессе формообразования и является зоной наиболее часто подверженной разрушению, особенно при эксплуатации матриц в пресс-формах прямого прессования. Одним из путей, обеспечивающих повышение эксплуатационной надежности матриц пресс-форм, является использование композиционных порошков для оформления рабочего слоя деталей, в частности композиции NiCrBSi-Mo.

Порошок композиции приготавливали методом конгломерирования механических смесей с использованием органического связующего из порошков NiCrBSi и молибдена. Состав композиции в объеме каждой частицы соответствовал ~ 7 мас.% молибдена. Органическая связка – лак на основе нитроцеллюлозы - 2,5-4,0 мас.%. Напыление порошков проводили в дуге азотной плазмы на модель из стали 45 с противоадгезионным разделительным покрытием, полученным термодиффузионной обработкой в хромосодержащей смеси.

После напыления формируется покрытие, структура которого содержит светлую и серую составляющие с резко очерченными межфазными границами (исследования проводили на нетравленных шлифах). Распределение элементов Ni, Cr и Mo по составляющим неоднородно. Содержание молибдена в серой составляющей достигает 92...95%, тогда как в светлой - не более 0,1...0,3%. Отмечается снижение пористости покрытия. Так, при напылении основы композиции – порошка NiCrBSi - максимальное число пор в приконтактном с подложкой слое покрытия имеет размеры в пределах 20...40 мкм², тогда как в приконтактном слое покрытия из композиционного порошка большинство пор составляет величину 5...15 мкм². Выявленная зависимость обусловлена присутствием молибдена, который увеличивает среднюю плотность частиц порошка и их теплосодержание, обеспечивающее эффект «самоподплавления» покрытий. Минимальная пористость наблюдается в месте непосредственного контакта напыленной композиции с поверхностью подложки. При переходе в глубь слоя пористость его заметно повышается.

Уровень физико-механических свойств покрытий, при прочих равных условиях, определяется степенью ликвации элементов по объему покрытия, влияние которой можно снизить термической обработкой, например, отжигом. Отжиг покрытия, начиная с температуры 800°C эффективно воздействует на структуру покрытий, обеспечивая перераспределение молибдена между структурными составляющими. Количество молибдена в светлой составляющей возрастает до 8...10% ($T_{отж.} = 950^{\circ}\text{C}$ в течение 1ч.). Последнее находит отражение в становлении свойств покрытий. Так, прочность на сжатие покрытий до и

после термической обработки составляет 1940 МПа и 2250 МПа соответственно; ударная вязкость- 98 кДж/м² и 125 кДж/м², соответственно.

УДК 621.9.048.7: 533.9

Состояние стали после плазменной резки

Студент гр. 104514 Назарова О.И.
Научный руководитель – Крылов-Олефиренко В.В.
Белорусский национальный технический университет,
Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси»
г. Минск

Целью настоящей работы является получение комплекса данных по влиянию плазменной резки на состояние разрезаемых материалов в зоне реза

Все более широко для раскроя листовых металлических материалов используются источники высококонцентрированных потоков энергии: лазерные и плазменные. При этом с помощью лазерного излучения возможна резка листов толщиной до 8-10 мм. Для резки листов большей толщины (до 25-35 мм и 100 мм) необходимо применять источники плазменного излучения – плазмотроны.

Механизм плазменной резки состоит в том, что высокоэнергетическая плазменная струя взаимодействует с металлом и расплавляет его по линии воздействия. Прилегающие к линии, по которой плавится металл, микрообъемы также разогреваются, но до более низких температур. При этом температура убывает от температуры плавления на границе до комнатной температуры на некотором расстоянии, называемом зоной влияния. После завершения резки металл остывает. Фактически происходит локальная термообработка сплавов в зоне влияния. Соответственно изменяются структура и механические свойства. Большие скорости нагрева и охлаждения, присущие плазменной резке, могут приводить к образованию высокотвердых и прочных фаз, охрупчивающих сплав. Полученный полуфабрикат подвергается, как правило, дальнейшей механической и/или термической обработке. Неоднородность распределения механических свойств по его сечению (вблизи поверхности реза) может оказаться причиной снижения эксплуатационных характеристик и работоспособности готовых изделий.

Скорость резки и интенсивность плазменного воздействия зависят от толщины разрезаемого изделия. Чем она больше, тем больше требуемый рабочий ток и длительность воздействия. Соответственно увеличивается время разогрева металла, ширина зоны влияния и ширина зоны с высокой температурой нагрева.

Существует довольно много публикаций по техническим вопросам плазменной резки. В то же время практически не освещается металловедческая сторона этого процесса. Между тем значительное отличие температурно-временных параметров плазменной резки от температурно-временных параметров других видов резки (и сварки) не дает возможности механически использовать известные зависимости формирования структуры и свойств в зоне реза для последних.

В результате проведенных исследований установлено, что можно выделить фактически три составляющих зоны влияния: первая – очень тонкий слой металла, претерпевший при резке оплавление, твердость которого максимальна, вторая – слой металла с достаточно большим изменением твердости толщиной приблизительно 2 – 3 мм, и третья – слой металла с незначительно изменившейся твердостью.

Полученные результаты показывают, что после плазменного резания наблюдается не разупрочнение и снижение внутренних напряжений в зоне воздействия, а, наоборот, некоторое упрочнение на поверхности реза с расширением зоны воздействия.

Фактически зона влияния плазменного воздействия при резке стали может быть значительно больше, чем та, что выявляется непосредственно после плазменной резки. Об этом свидетельствуют данные по влиянию низкотемпературной и высокотемпературной термообработки на состоянии стали в зоне воздействия. Различие в упрочнении стали после закалки из температур фазового превращения может быть связано с различием в химическом составе и строении формирующихся фаз.

УДК 669.14.018.26

ПНП - стали (TRIP-стали)

Студентка гр.104215 Шумская А.С.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является анализ свойств и структуры метастабильных аустенитных сталей, их достоинства и области применения.

Метастабильные аустенитные стали (ПНП - стали) — особый класс высокопрочных материалов повышенной пластичности. Они относятся к высоколегированным сталям. Их состав ориентировочно, согласно маркировке, можно выразить в виде 25Н25М4Г, 30Х9Р8М4Г2С2. Его подбирают таким образом, чтобы после закалки от температуры 1000-1100°С стали имели устойчивую аустенитную структуру (M_n лежит ниже 0°). Аустенитная структура обладает высокой вязкостью, но низким пределом текучести. Для упрочнения стали подвергают специальной тепловой обработке — пластической деформации с большими степенями обжатия (50-80%) при температуре 400-600°С, лежащей ниже температуры рекристаллизации. При этом деформационное упрочнение (наклёп) совмещается с карбидным упрочнением, развивающимся в результате деформационного старения. Насыщенная дислокационная структура, создаваемая пластической деформацией, дополнительно стабилизируется выделяющимися дисперсными частицами карбидов. В результате деформационно-термического упрочнения предел текучести повышается до 1800 МПа. При этом сталям свойственны высокая пластичность ($\geq 20\%$) и трещиностойкость. Значение относительного удлинения δ и значение вязкости разрушения K_{1c} у этих сталей больше, чем у других высокопрочных сталей таких, как мартенситно-старяющиеся, среднеуглеродистые закаленные и низкоотпущенные и т.д.

Высокая пластичность и вязкость разрушения обусловлены развитием мартенситного превращения в процессе деформирования. Дело в том, что при тепловой обработке аустенит, за счет выделения карбидов, обедняется углеродом и легирующими элементами и становится менее устойчивым (метастабильным). Благодаря этому повторная пластическая деформация вызывает превращение метастабильного аустенита в мартенсит деформации. Механизм повышения пластичности и вязкости разрушения связан с «залечиванием» — локальным упрочнением аустенита в участках пластического течения (в том числе и у вершин движущейся трещины). Образующийся в таких участках мартенсит деформации упрочняет их настолько, что они перестают быть слабыми участками, и деформация распространяется на соседние участки.

Для повышения прочностных свойств ПНП - стали подвергают дополнительной холодной пластической деформации с развитием $\gamma - \alpha$ превращения в процессе деформации. При этом прочностные свойства увеличиваются, пластичность уменьшается. Сталь 30Х9Н8М4Г2С2 после прокатки при температуре 425°С и степени обжатия 80% имеет предел прочности $\sigma_g = 1500$ МПа, предел текучести $\sigma_{0,2} = 1430$ МПа и относительное удлинение $\delta = 50\%$. После дополнительной холодной пластической деформации со степенью обжатия 15%: $\sigma_g = 1750$ МПа, предел текучести $\sigma_{0,2} = 1620$ МПа и относительное удлинение $\delta = 35\%$.

Применение метастабильных аустенитных сталей ограничивается сложностью деформационно - термического упрочнения, высокой стоимостью, контролем состава сталей, обеспечивающим необходимые характеристики упрочнения. Для высоких степеней деформации при низких температурах требуются мощные деформирующие средства.

Достоинства ПНП - сталей:

- высокие значения вязкости разрушения K_{1c} . Это обусловлено поглощением энергии деформации при $\gamma - \alpha$ превращении под действием нагрузки;
- высокое сопротивление усталостному разрушению, что связано с образованием мартенсита деформации при распространении трещины и релаксации напряжений в вершине трещины;
- высокое сопротивление коррозионному разрушению.

Области применения: детали авиаконструкций, крепёжные изделия, броневые листы, высокопрочная проволока, проволока тросов.

В настоящее время для повышения механических свойств используются высокопрочные низколегированные стали с частичным ТРИП – эффектом, применяемые в автомобильной промышленности (стали типа 20Г2ЮПБ).

Однако их широкому промышленному применению препятствуют, в основном, следующие факторы:

- 1) пониженная свариваемость;
- 2) трудности нанесения гальванических покрытий;
- 3) низкий уровень штампуемости, что требует дорогостоящего оборудования;
- 4) трудности с фиксацией формы;
- 5) склонность к задержанному разрушению.

Присутствие метастабильного аустенита в микроструктуре существенно влияет на комплекс механических свойств. Являясь деформационно-нестабильным, аустенит при деформации превращается в мартенсит, что увеличивает скорость деформационного упрочнения, повышает стабильность пластического течения и обеспечивает высокую прочность изделия.

При широко используемых испытаниях листовых сталей на выдавливание цилиндрической и сферической лунок, низколегированная сталь с ТРИП - эффектом позволяет получить существенно большую глубину лунки без разрушения, чем обычная высокопрочная низколегированная сталь с близким

уровнем прочности, но стабильным фазовым составом. Однако характерной особенностью низколегированных сталей с ТРИП – эффектом являются достаточно низкие результаты тестов по расширению отверстия коническим пуансоном, которые можно объяснить чрезвычайно высокой чувствительностью скорости превращения аустенита в мартенсит к условиям испытания (напряженному и деформированному состоянию).

Было также установлено, что приложение высокого гидростатического давления ("смягчение" напряженного состояния) оказывает влияние на микромеханизм деформации и разрушения низколегированных сталей с ТРИП – эффектом. В условиях высокого (до 800МПа) гидростатического давления происходит существенный рост пластичности как стали в целом, так и отдельных фаз.

Чувствительность скорости превращения аустенита в мартенсит к условиям испытания оказывает влияние и на сопротивление усталостному разрушению рассматриваемых сталей, которые обладают более высокими значениями усталостных характеристик, чем другие стали с близким уровнем прочности.

По величине энергоёмкости разрушения при высокоскоростном растяжении, низколегированные стали с ТРИП – эффектом существенно превосходят не только двухфазные ферритно-мартенситные стали (ДФМС), но и имеющие более высокую прочность перспективные «complex phase» стали — стали со сложной структурой, содержащей феррит, бейнит и мартенсит в различных соотношениях.

В настоящее время продолжается активное исследование высокопрочных низколегированных сталей с ТРИП – эффектом. Однако многие проблемы остаются нерешенными такие, как:

- 1) оптимизация химсостава, микроструктуры;
- 2) технологии изготовления и дальнейшее увеличение прочности.

УДК 669.7

Ультралегкие сплавы

Студент гр. 104215 Парницкий Н.М.
Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы: являлось изучение и применение ультралегких сплавов.

Легкие сплавы.

К легким принято относить сплавы, имеющие плотность, меньше чем у алюминия.

Современная промышленность нуждается в легких сплавах высокой прочности, обладающих хорошими высокотемпературными механическими свойствами. Основными металлами легких сплавов служат алюминий, магний и бериллий. Однако сплавы на основе алюминия и магния не могут применяться в условиях высокой температуры и в агрессивных средах.

Литейные сплавы (Al – Si), сплавы для литья под давлением (Al – Mg) и сплавы повышенной прочности (Al – Cu). Алюминиевые сплавы экономичны, легкодоступны, прочны при низких температурах и легко обрабатываемы (они легко куется, штампуются, пригодны для глубокой вытяжки, волочения, экструдирования, литья, хорошо свариваются и обрабатываются на металлорежущих станках). К сожалению, механические свойства всех алюминиевых сплавов начинают заметно ухудшаться при температурах выше приблизительно 175° С. Но благодаря образованию защитной оксидной пленки они проявляют хорошую коррозионную стойкость в большинстве обычных агрессивных сред.

2. Магниевого сплавы.

Они легки, характеризуются высокой удельной прочностью, а также хорошими литейными свойствами и превосходно обрабатываются резанием. Поэтому они применяются для изготовления деталей ракет и авиационных двигателей, корпусов для автомобильной оснастки, колес, бензобаков, портативных столов и т.п. Некоторые магниевые сплавы, обладающие высоким коэффициентом вязкостного демпфирования, идут на изготовление движущихся частей машин и элементов конструкции, работающих в условиях нежелательных вибраций.

Магниевого сплавы - самые лёгкие из всех конструкционных металлов. Они в 1,5 раза легче алюминия, в 2,5 раза - титана, в 4,3 раза - стали.

Энергетические затраты на механическую обработку магния в несколько раз ниже, а скорость обработки и стойкость инструмента - в несколько раз выше, чем при обработке алюминия.

Некоторые магниевые сплавы великолепно поглощают удары и гасят вибрации. С учётом демпфирующей способности, удельная вибрационная прочность магниевых сплавов превосходит дюралюминий почти в 100 раз, легированную сталь - в 20 раз; титановые сплавы – в 300-500 раз.

По удельной возможности противостоять многократным нагрузкам, концентраторам напряжений, магниевые сплавы уверенно обгоняют алюминий и могут конкурировать с лучшими сталями. А ведь в подавляющем большинстве случаев разрушение конструкции обусловлено именно усталостью материала.

Значительная пружинистость позволяет сохранить круглую форму магниевого диска автомобильного колеса или магниевого велосипедного обода после самого сильного удара о препятствие.

Жёсткость и надёжность конструкций, особенно работающих на изгиб и кручение, зависят не только от свойств материала, но и от его геометрии. Например, жёсткость пластины пропорциональна третьей степени её толщины, а вес - только первой степени. Если взять магниевую и стальную пластины одного веса, то магниевая будет примерно в 16 раз жёстче, и, при одинаковых внешних воздействиях, напряжение в магниевой пластине будет в 18 раз меньше.

3. Бериллиевые сплавы.

Бериллий превосходит все известные металлы по удельной прочности. В сочетании с низкой плотностью это делает бериллий пригодным для устройств систем наведения ракет. Модуль упругости бериллия больше, чем у стали, и бериллиевые бронзы применяются для изготовления пружин и электрических контактов. Чистый бериллий используется как замедлитель и отражатель нейтронов в ядерных реакторах.

Серьезный недостаток бериллия, заключающийся в низкой ударной вязкости и хладноломкости, может быть преодолен использованием сплавов с алюминием. В таких сплавах эвтектического типа твердые частицы бериллия равномерно распределены в пластичной алюминиевой матрице. Сплавы содержат 24–43 % алюминия, остальное — бериллий.

Механические свойства литейных бериллиевых сплавов при комнатной температуре приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Механические свойства литейных бериллиевых сплавов

Свойство	ЛБС-1	ЛБС-2	ЛБС-3
σ_B , МПа	220–250	250–320	270–280
$\sigma_{0,2}$, МПа	180–220	220–270	250–270
δ , %	2–3	2–3	1,1–1,3
ψ , %	2–3	2–3,5	–
KCU, МДж/м ²	0,025–0,035	0,033–0,040	0,025–0,045
E, ГПа	200	200	200

4. Алюминий-литиевые сплавы.

Алюминий-литиевые сплавы являются новым классом широко известных алюминиевых систем и характеризуются прекрасным сочетанием механических свойств: малой плотностью, повышенным модулем упругости и достаточно высокой прочностью.

Повышенный интерес к легированию алюминиевых сплавов литием, самым легким из металлов с плотностью ~ 0,54 г/см³, обусловлен тем, что каждый процент лития снижает плотность алюминия на 3%, повышает модуль упругости на 6% и обеспечивает в сплавах значительный эффект упрочнения после закалки и искусственного старения.

К настоящему времени создан целый класс сплавов пониженной плотности различного назначения;

- сплавы для изготовления сварных конструкций;
- высокопрочные сплавы для замены сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu;
- сплавы с высокой трещиностойкостью, для замены сплавов типа Д16;
- жаропрочные сплавы.

На базе системы Al-Mg-Li разработан оригинальный сплав 1420. Он самый легкий (плотность 2,47г/см³), коррозионностойкий, свариваемый, имеет сравнительно высокую прочность и повышенный модуль упругости (7500 кг/мм²). Этот сплав относится к среднепрочным и широко применяется в сварных конструкциях, обеспечивая снижение массы до 20-25% при повышении жесткости до 6%. Также из этого сплава изготавливают плиты, панели, профили, прутки, листы.

Алюминий-литиевые сплавы наиболее эффективно применяются в летательных аппаратах. Это связано с тем, что они имеют более высокую стоимость, но при этом более низкую плотность и более высокий модуль упругости по сравнению с традиционными алюминиевыми сплавами.

УДК 669

Создание механически прочных цинковых покрытий на резьбовых соединениях труб

Магистрант – Шохин А.А.
 Научный руководитель – Пучков Э.П.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Трубы нефтяного сортамента, прежде всего насосно-компрессорные и нефтепроводные, в процессе эксплуатации особенно интенсивно подвергаются коррозионно-эрозионному воздействию агрессивных сред и различным механическим нагрузкам. Наиболее слабыми местами в таких условиях являются резьбовые пары, где защитные покрытия имеют повреждения уже после первых операций «свинчивания-

развинчивания». Коррозия поражающая поврежденные места приводит к выходу из строя соединительного узла. Решение данного вопроса может явиться одним из главных факторов в борьбе за конкурентоспособность трубной продукции РУП «Белорусский металлургический завод».

Применение диффузионного цинкования резьбовых концов труб позволит решить данный вопрос.

Наиболее целесообразно в условиях БМЗ этот технологический процесс проводить в два основных этапа:

1. Гальваническое осаждение чистого цинка из водных растворов солей. Принимая во внимание сложность профиля металлической основы (резьба) очень эффективным оказалось применение пирофосфатных электролитов в сочетании со скоростными кислыми электролитами. Вначале используя пирофосфатный электролит, как обладающий высокой рассеивающей способностью, на трубы наносят тонкое (1—2 мкм) цинковое покрытие, а в последующих ваннах с сульфатным электролитом с высокой скоростью осаждения цинковое покрытие увеличивают до необходимой толщины (20—25 мкм). В этом случае за счет применения пирофосфатного электролита обеспечивается прочное сцепление цинкового покрытия с металлом трубы, а высокая скорость осаждения достигается применением больших плотностей тока (до 100 А/дм²) при цинковании в кислом электролите. Покрытие обладает более высокой коррозионной стойкостью.

При гальваническом цинковании основной металл и покрытие никаких сплавов между собой не образуют, так как процесс идет при низкой температуре, не достаточной для интенсивной диффузии.

2. Диффузионный отжиг. Резкое изменение структуры электролитического цинкового покрытия наступает уже после отжига при 450°С в течение 10 мин. Отчетливо виден примыкающий к стальному основанию узкий (~3 мкм) слой интерметаллического соединения Fe₅Zn₂₁ (Г-фаза), а за ним следует δ1-фаза, для которой, особенно в случае выдержки в течение 20 мин, характерна столбчатая структура. Следующий слой — кристаллы ζ-фазы. Следовательно, если до отжига электролитическое цинковое покрытие состоит только из слоя чистого цинка, то после отжига обнаруживаются интерметаллические фазы.

С увеличением выдержки (20, 30 мин) при 450°С структура слоя качественно не меняется. Повышение температуры отжига до 500°С при тех же выдержках приводит к резкому увеличению толщины δ1-фазы и при 550°С все покрытие представляет собой однородный сплошной слой δ1-фазы.

Такой же компактный однородный светлый слой δ1-фазы получается при температуре отжига 600°С и выдержке 10, 20 и 30 мин.

Слой Г-фазы с повышением температуры диффузионного отжига и увеличением выдержки непрерывно увеличивается: если при 450°С и выдержке 10 мин его толщина составляет 3 мкм, то при температуре 600°С и выдержке 30 мин она составляет 10—10,5 мкм.

Известно, что Г-фаза хрупкая и большая ее толщина в качестве подложки будет являться причиной скола цинкового слоя. Преимущественной фазой для создания механически прочного коррозионностойкого слоя является пластичная δ1-фаза. Исходя из вышесказанного, целесообразно стремиться к созданию монослоя δ1-фазы с маленькой толщиной Г-фазы.

Таким образом, оптимальным режимом является диффузионный отжиг при температуре 550°С в течении 10 мин.

Использование диффузионных цинковых покрытий нового поколения (заданного состава и структуры) для защиты труб позволяет одновременно:

- улучшить герметичность резьбовых соединений труб,
- повысить в 2-3 и более раз срок службы труб, коррозионную стойкость и износостойкость резьбовой пары «труба-муфта»,
- увеличить количество операций «свинчивание-развинчивание».

Сочетание диффузионных цинковых покрытий с недорогими и недефицитными металлами обеспечивает значительную экономию средств при производстве и эксплуатации труб.

УДК 621.81.004.1

Определение критериев латентной усталости повреждаемости диффузионных зон сталей после химико-термической обработки

Студент гр.430541 Болоболкин А.В.
Научный руководитель – Фомичева Н.Б.
Тульский государственный университет
г.Тула

Целью данной работы является анализ условий протекания латентной стадии усталостной повреждаемости термодиффузионных покрытий. Для невысоких амплитуд циклической нагрузки ($\sigma_f < 180$ МПа) реализуется внутренний механизм повреждаемости, связанный с зарождением усталостной трещины под карбонитридным слоем. Определяющей кинетической стадией этого механизма является латентная, в течение которой в повреждающихся объемах протекают скрытые субструктурные процессы, завершающиеся формированием малой трещины. Последняя имеет длину, соизмеримую со средним

расстоянием между частицами включений вторых фаз, и, появившись, "заглубляется" далее в диффузионную зону согласно кинетическим закономерностям.

Проведенные эксперименты по анализу условий протекания латентной стадии показали следующее. Во-первых, минимальные напряжения цикла $\sigma_{\phi}^{кр}$, при которых возможно формирование в конце латентного этапа микротрещины, должны составлять не менее (0,05...0,10) от предела пропорциональности базовом стали $\sigma_{п.ц.}$ в конкретном структурном состоянии. Во-вторых, критическое и наибольшее при минимально возможных $\sigma_{\phi}^{кр}$ число циклов $N_{кр}$ может быть аппроксимировано характеристикой гетерогенности, отражающей линейную плотность частиц N_d . Определено также, что в рекристаллизованных диффузионных зонах, имеющих минимальные плотности дислокаций, а также внутренние микро- и макронапряжения, критическое число $N_{кр}$ для всех режимов никотрирования составляет $\sim 10^5$ циклов при минимальных амплитудах $\sigma_{\phi}^{кр} < 0,1 \sigma_{п.ц.}$

Для решения критериальных задач по трещиностойкости диффузионных зон на латентной стадии кинетики их усталостной повреждаемости предлагается структурная модель, основанная на металлофизических представлениях о категориях энергоемкости и энергвосприимчивости.

Энергетический баланс трещинообразования в междефектных объемах, итак, будет определяться двумя составляющими. Первая $\Delta W_{зап}$ контролирует процессы запасаения энергии в зоне повреждаемости за счет повышения плотности

Дефектов в процессе циклирования. Причем, чем больше значение $\Delta W_{зап}$ -составляющей, тем меньшей долговечностью будет обладать разрушающийся объем. Вторая $\Delta W_{д.у.}$ характеризует энергетическую мощность барьерного дисперсно-упрочненного объема, и, таким образом, способствует замедлению процессов запасаения энергии в зоне повреждаемости за счет дальнего перемещения дислокаций.

УДК 531:539.311:621.891

Оценка пороговой трещиностойкости при усталостной повреждаемости

Студент гр.420671 Касимцев В.С.
 Научный руководитель – Нечаев Л.М.
 Тульский государственный университет
 Г.Тула

Целью данной работы является разработка структурного критерия долговечности в малонапряженной области циклических нагрузок термодиффузионных покрытий на основе оценки пороговой трещиностойкости, предполагая, что длина активной трещины сопоставима со средним расстоянием между дисперсными частицами вторых фаз.

Пороговым условием между двумя классами распространяющихся и нераспространяющихся трещин стала некоторая критическая амплитуда напряжений. Причем, максимальная длина нераспространяющихся трещин соизмерима с эффективной глубиной диффузионной зоны. Замедление микротрещин происходит более эффективно в высокогетерогенных слоях.

Описание поведения физических коротких трещин с размерами, меньшими основных геометрических элементов гетерогенных слоев, позволило определить показатель экспоненты в уравнении кривой усталости. При этом полагалось, что скорость роста трещин зависит от соотношения размера структурного барьера к длине малой трещины $\lambda_{mтц}$ следующим образом

$$d\left(\frac{\lambda_{mтц}}{N}\right) = A(\Delta\tau_{\phi})^{\alpha} (d_v - d_v^*),$$

где $\Delta\tau_{\phi}$ - размах деформаций, ответственных за раскрытие микротрещины в такте циклического внешнего нагружения, d_v - расстояние между частицами, d_v^* - базовое расстояние между частицами, α - степенной показатель, характеризующий гетерогенность структуры, N - количество циклов.

Полученная кинетическая зависимость не содержит в явном виде какого-то фактора, отражающего внешние напряжения. При бесспорном условии, что в гетерогенных структурных системах активирующее действие элементов гетероструктуры для действующего уровня напряжений σ_{ϕ} можно определить согласно некоторой структурно-чувствительной константы K_{σ} для текущей скорости трещины $V_{mтц}$ принимали следующее эмпирическое условие для коэффициента перехода размерностей, устанавливаемого при условии равенства внешнего напряжения физическому пределу пропорциональности материала матрицы поверхностного слоя

$$V_{mтц} = V_0 \left(\frac{\sigma_{\phi}}{\sigma_0}\right)^K.$$

Параметру K придается вполне конкретный структурный смысл и его возможно достаточно корректно определять в зависимости от эффективного показателя диффузионной гетерогенности ,

нормируемой суммарным объемом частиц вторых фаз. Установленная различная роль мелких и крупных частиц в механизмах усталостного трещинообразования в большей степени сказывается на стадии зарождения усталостной повреждаемости, когда длина малой трещины еще соизмерима со средним расстоянием между частицами.

УДК 621.002.3

Определение возможности образования кластеров атомов углерода в ферритной матрице

Студент гр.440631 Маркова Е.В.
Научный руководитель – Тихонова И.В.
Тульский государственный университет
Г.Тула

Цель настоящей работы – установить принципиальную возможность образования кластеров атомов углерода в ферритной матрице, по знаку величины $\Delta G(V, n_V)$. Первоначальный расчет свободной энергии твёрдого раствора с кластерами углерода проведен при температурах 50 и 200 °С. Если $\Delta G(V, n_V)$ окажется положительной, то образование кластеров растворённого вещества в твёрдом растворе термодинамически невыгодно. Применительно к случаю термического старения малоуглеродистого сплава подобная ситуация означает затруднение образования выделений в матрице, при этом снижение степени пересыщения твёрдого раствора будет проходить в результате формирования сегрегаций на предпочтительных местах зарождения (гетерогенного зарождения). Комбинации температуры старения, количества кластеров и их размера, приводящие к получению значений $\Delta G(V, n_V) < 0$, можно рассматривать в качестве условий предпочтительного образования выделений в твёрдом растворе вдали от дефектов кристаллической решётки. Предел растворимости s углерода в железе при 50 °С составляет 0,0065 %, а при 200 °С – 0,008 %. Для расчета величину s пересчитывали в мольные доли. Для каждой температуры расчет проведен для сплавов трех составов:

- 1) сплав ненасыщенный, когда содержание углерода меньше s ($C=0,006$ % для $T=50$ °С; $C=0,0075$ % для $T=200$ °С);
- 2) сплав насыщенный, когда содержание углерода в сплаве равно s ($C=0,0065$ % для $T=50$ °С; $C=0,008$ % для $T=200$ °С);
- 3) сплав перенасыщенный, когда содержание углерода больше s ($C=0,007$ % для $T=50$ °С; $C=0,01$ % для $T=200$ °С).

Для расчета свободной энергии Гиббса значения V и n_3 задавали в следующих пределах: $17 \cdot 10^{-15} \leq n_3 \leq 17 \cdot 10^{-10}$ и $V=10^0 \dots 10^{12}$ атомов.

При температуре $T=50$ °С отрицательные значения ΔG не получены ни в каких из рассмотренных твёрдых растворах (ненасыщенный, насыщенный, пересыщенный) не зависимо от величин n_3 и V . Отсюда следует важный вывод: при низких температурах старения в малоуглеродистом железе образование выделений в матрице вдали от дефектов кристаллического строения термодинамически не выгодно. Полученный результат находит хорошее экспериментальное подтверждение.

При температуре $T=200$ °С только для перенасыщенного раствора наблюдаются отрицательные значения ΔG для кластеров с мольной долей $n_3 = 17 \cdot 10^{-15}$ и размером V не более 10^7 атомов ($\Delta G = -0,6$ Дж/моль); при $n_3 = 17 \cdot 10^{-10}$ и V не более 10^4 $\Delta G = -0,696$ Дж/моль. Таким образом, термодинамически стабильные кластеры имеют размер $10^4 - 10^7$ атомов и могут образовываться только в пересыщенных твёрдых растворах.

УДК 669-153.76

К вопросу о сфероидизации карбидов в стали

Студентка группы МТ-08м Лобкова Ю.В.
Научные руководители – Алимов В.И., Георгиаду М.В.
Донецкий национальный технический университет
г.Донецк

Целью настоящей работы являлось аналитическое исследование возможности сфероидизации избыточных карбидов в матрице твердого раствора. Достигнуть этого можно двумя основными путями - выделением сферических частиц из пересыщенного твердого раствора и трансформацией различных видов пластинчатых структур в сферу.

Анализ возможности получения сфероидизированных карбидов можно провести, исходя из математической зависимости Томсона-Фрейндлиха [1]. Изначально эта зависимость применялась в коллоидной химии при характеристике коллоидных высокодисперсных систем для определения адсорбции на твердых искривленных поверхностях [2]:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{C_r}{C_\infty} = \exp\left(\frac{2\sigma v}{rkT}\right), \quad (1)$$

где r — радиус средней кривизны поверхности раздела фаз, σ — межфазное поверхностное натяжение, v — молярный объем жидкости или твердого тела, P - давление пара, C_r , C_∞ - концентрация раствора около плоской и радиальной поверхностей, k — газовая постоянная.

Для шарообразных частиц r по абсолютной величине равен их радиусу [3].

Т. к. значения P и C_r , C_∞ различны для частиц разных размеров или для участков поверхностей, имеющих впадины и выступы, зависимостью (1) определяет направление переноса вещества (от больших значений P и C_r , C_∞ — к меньшим) в процессе перехода системы к состоянию термодинамического равновесия. Вследствие этого крупные капельки или частицы растут за счет испарения (растворения) более мелких, а неровные поверхности сглаживаются за счёт растворения выступов и заполнения впадин.

В применении к процессам сфероидизации зависимость (1) преобразована и имеет несколько другой вид:

$$r = \frac{2\gamma V}{kT \ln \frac{C_r}{C_\infty}}, \quad (2)$$

где C_r — концентрация раствора около межфазной границы с радиусом r ; C_∞ - концентрация раствора около плоской границы; γ - поверхностная энергия на границе раздела фаз (энергия Гиббса); V – атомный объем; k – газовая постоянная; T – абсолютная температура [4].

Опираясь на эти зависимости, можно провести анализ возможности образования сферических карбидов при распаде пересыщенного твердого раствора (мартенсита, верхнего и нижнего бейнита), происходящего при нагреве, а также путем трансформации пластины цементита (карбида) в перлите в сферу.

Для упрощения рассмотрения вариантов получения сферических частиц разработали блок-схему, которая может быть использована как для прогнозирования фазово-структурных превращений в сплавах, так и для коррекции действующих технологических процессов термообработки.

УДК 669.14.018.298'781

Влияния предварительной горячей деформации на формирование диффузионной зоны при насыщении углеродом и бором низкоуглеродистых сталей.

Студент группы 4-МВПВ-8 Пясковская Т.В.
 Научный руководитель – Филоненко Н. Ю.
 Украинский государственный химико-технологический университет,
 г. Днепропетровск

Диффузия относится к структурно чувствительным процессам, скорость которых зависит от предварительной обработки. Характер воздействия дефектной структуры стали, формирующейся под воздействием предварительной деформации, на диффузию углерода при насыщении поверхности достаточно сложен. В работах получены экспериментальные данные, которые указывают на интенсифицирующее воздействие горячей пластической деформации на массоперенос углерода в стали.

В данной работе исследовали влияние температуры и степени предварительной деформации на диффузию углерода и бора в низкоуглеродистых сталях.

Исследование проводили на образцах на сталях марки 08Кп, 3сп.

Исследуемые сплавы предварительно: 1) отжигали при температуре 900°С в течение 5 часов; 2) подвергали пластической деформации при температурах 950°С, 750°С со степенью деформации 20%, 40%.

Затем их подвергли химико-термической обработке: 1) цементации при температуре 850°С и 950°С в твердом карбюризаторе в течение 4 часов;

2) насыщению поверхности исследуемых сплавов бором при температуре 950° С в твердом карбюризаторе с добавкой карбида бора в течение 4 часов.

Структуру и свойства поверхности обработанных образцов исследовали методами металлографического, послыйного спектрального, дюраметрического и рентгеноструктурного анализов.

Установлено, что глубина диффузионной зоны после цементации в низкоуглеродистых сталях, прошедших предварительную пластическую деформацию, имеет большую глубину, чем отожженные. Причем наибольшей глубины диффузионная зона достигает после предварительной деформации при температуре 750° С и степени деформации 20%.

При одновременном насыщении бором и углеродом в среде, содержащей карбид бора, наблюдается увеличение диффузионной зоны в 1,5-2 раза по сравнению с цементованным слоем. Предварительная горячая деформация, проведенная при температуре 750С и степени деформации 20%, так же способствует увеличению глубины диффузионной зоны содержащей бор и углерод на 20-25%. В микроструктуре после одновременного насыщения бором и углеродом в перлитной матрице наблюдаются выделения боридных и борокарбидных включений. При этом их содержание по границам зерен уменьшается, или они полностью отсутствуют.

На основании экспериментальных данных металлографического, дюраметрического и спектрального анализа по распределению содержания углерода и бора в сталях проведен расчет коэффициента диффузии углерода и бора. С учетом преобладания объемной диффузии углерода и зернограничной диффузии бора, показано, что наличие предварительной деформации при температуре 750С и степени 20% способствует более интенсивному насыщению поверхности углеродом и бором.

На основании проведенных исследований разработан способ бороцементации, который позволяет получать более качественные, однородные бороцементованные слои большей толщины, упрочненные дисперсными борокарбидами.

УДК 693.22.004.18

Оценка влияния электрохимической коррозии при высокотемпературном воздействии газокapельной смеси на соединение труба-фланец

Студент 4 курса гр.2 Раик А.Г.

Научные руководители – Новосельская Л. В., Гарост А. И.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Большая доля поломок машин вызвана усталостью материалов. Изучение факторов, предотвращающих усталостное разрушение, приведет к увеличению срока службы машины и расширению диапазона используемых материалов с учетом изготовления.

Установлено [1], что при наличии коррозионных сред сопротивление усталостному разрушению резко падает. При циклическом нагружении в коррозионной среде поверхность металла покрывается сеткой трещин, которые являются результатом избирательной коррозии по местам различных включений, взаимодействующих со средой [2]. Также на предел выносливости влияют электрохимические процессы, фреттинг-коррозия и технологии изготовления [3].

В связи с этим в данной работе была поставлена задача установления и устранения причин ускоренной коррозии фланцевых соединений трубопроводов в цехе «Карбамид – 2» ГПО «Азот». Состав газокapельной смеси после колонны дистилляции: 68,81 % NH₃, 22,56 % CO₂, 7,06 % H₂O, 0,96 % O₂, 0,61 % N₂. Смесь подается с температурой 160 °С при давлении 20 кг/см³.

Труба изготавливается из высоколегированной коррозионностойкой аустенитной стали 10X17H14M2T. При химическом анализе установлено, что фактический состав данного сплава, % масс: С – 0,058, Si – 0,31, Mn – 1,00, Cr – 16,95, Mo – 2,27, Ni – 13,93, Ti – 0,766.

Фланец изготавливается из высоколегированной коррозионностойкой аустенитной стали ОЗХ17Н14МЗ. Химический анализ показал, что фактический состав данного сплава, % масс : С – 0,0063, Si – 0,19, Mn – 1,00, Cr – 18,25, Mo – 2,66, Ni – 14,30, Ti – 0,0069.

Сварка проводилась с использованием сварочной проволоки из сплава О1Х19Н18Г10АМ4. Химический анализ материала сварного шва показал его фактический состав после сварки, % масс: С – 0,022, Si – 0,39, Mn – 2,01, Cr – 19,44, Mo – 2,29, Ni – 14,63, Ti – 0,048.

С учетом того, что коррозия протекает в условиях короткозамкнутого контакта трех сплавов (материалы фланца, сварочного шва и трубы) и наряду с газовой фазой технологической среды в трубопровод попадают капли жидкости, т.е. газожидкостный поток, в рассматриваемой системе реализуется эрозионно-коррозионное разрушение поверхности металла, при неодинаковой плотности орошения.

Для прогнозирования особенностей поведения конкретных металлов в условиях контактной коррозии необходимо было тщательно исследовать образующуюся электрохимическую систему, в которой при пространственном разделении процессов отдачи и присоединения электронов окислительно-восстановительной реакции (токообразующей реакции) происходило взаимное превращение химической и электрической форм энергии.

Так как в электрохимической системе токообразующая реакция разделялась на частные полуреакции, то ЭДС системы определялась электродными потенциалами, отражающими изменения химической энергии в результате протекания электродных полуреакций (окисления и восстановления). При соединении двух электродов (разнородных металла) с разным потенциалом при помощи металлического проводника (например, методом сварки), электроны переходят от более отрицательного к более положительно заряженному. В цепи появляется электрический ток. Такую систему называют

гальваническим элементом. На электроде с более электроотрицательным потенциалом проходит процесс окисления (растворения металла), и такой электрод является анодом, на электроположительном (катоде) – восстановление.

В основу эксперимента ставилась задача исследовать электродные потенциалы каждого из этих металлов. Для этого из контактирующих в трубопроводе сплавов (материалы фланца, сварочного шва и трубы) были вырезаны образцы для исследований. Главной проблемой при создании экспериментальной установки было моделирование реальных условий, возникающих при циркуляции газожидкостной фракции в трубе, и заключалась в подборе среды. Решающее влияние на скорость коррозии трубопровода (конкретно фланца) оказывает наличие капель насыщенного раствора газовых компонентов в жидкости. В качестве моделирующей среды использовался насыщенный раствор карбамида в воде. Потенциалы исследуемых металлов определялись при комнатной температуре, а также при температуре 70 °С (реальные условия, которые удалось получить в водяной бане). В лабораторных условиях для измерения электродных потенциалов применялись портативные и несложные в эксплуатации хлорсеребряные электроды сравнения (вместо водородных электродов, потенциал которых принимается равным нулю) типа ЭВЛ 1М1.

Результаты исследований показали, что в данном варианте комбинация металлов (электродов) неудачно подобрана, т.к. для всех случаев (исследуемых температур) материал фланца является наиболее электроотрицательным (имеет меньшую величину положительного потенциала). Это будет приводить к тому, что при огромной величине катода (поверхности трубы) и малой поверхности фланца (анода) последний будет растворяться с большой скоростью. Это явление и наблюдается в реальных условиях на ГПО «Азот». Капли раствора, которые попадают на поверхность фланца, уносятся (захватываются) газожидкостным потоком, поэтому явления поляризации (анодной и катодной) наблюдаться не будут. В данном случае реальные значения потенциалов исследуемых металлов на протяжении всего процесса эксплуатации будут соответствовать этим значениям в момент погружения электродов (с соответствующей поправкой на температуру).

Также были проведены исследования потенциалов стали 12Х18Н10Т, которая наиболее широко применяется в химическом машиностроении, рассчитаны значение потенциала. Для данной стали в момент погружения (условия близкие к эксплуатируемому трубопроводу) при 18 °С составляет +33 мV, а при 70 °С – (+ 14). Из приведенных данных видно, что коррозионная стойкость стали 12Х18Н10Т в сочетании с используемыми на ГПО «Азот» сплавами была бы низкой.

В результате работы был выработан ряд рекомендаций, при руководствовании которыми можно избежать процесс ускоренной коррозии фланцев трубопроводов:

1. Более электроотрицательный материал должен иметь значительно большую величину поверхности, при этом глубинный показатель коррозии был бы не-большим и прочность конструкции мало изменилась бы.

2. Желательно контактирующие поверхности (фланец – труба) выполнять из одного и того же сплава, а электрохимический потенциал шва должен быть более электроположительным.

3. В данной системе (труба – фланец) материалом трубы могла бы быть сталь 03Х17Н14М3, а для изготовления фланца можно рекомендовать сталь 10Х17Н14М2Т.

4. При конструировании подобных узлов необходимо предварительно измерять величины электрохимических потенциалов применяемых сплавов и материал с меньшей величиной поверхности обязательно должен быть более электроположительным по отношению к другому сплаву.

Список используемых источников:

1. Зверьков Б.В. Расчет и конструирование трубопроводов: справочное пособие – Л. «Машиностроение», 1979 – 246 с.

2. Ажогин В.Ф. Коррозионное растрескивание и защита высокопрочных сталей – М.: "Металлургия", 1974 – 256 с.

3. Трошенко В.Т. Соппротивление усталости металлов и сплавов – К. «Навукова думка», 1987 – 1326с.

УДК 621.746.047

Исследование качества защитных покрытий медных кристаллизаторов МНЛЗ

Студент гр. ПМ-08с Жертковская Н.В.
Научный руководитель – Алимов В.И.
Донецкий национальный технический университет
г. Донецк, Украина

Непрерывная разливка сплавов становится приоритетной в металлургическом производстве. Количество разливаемого непрерывным путем металла с каждым годом возрастает, что обусловлено рациональностью, экономичностью и качеством непрерывно-литых заготовок.

Кристаллизатор является одним из важных функциональных узлов машин непрерывного литья заготовок. Его непрерывная работа определяет высокую производительность машин, их безаварийность, а также качество получаемой непрерывнолитой заготовки. Кристаллизатор выполняет функцию отвода тепла от жидкого кристаллизующегося сплава, а также функцию формирования геометрической формы и структуры заготовки. В качестве материала гильз современных кристаллизаторов сортовых и слябовых машин непрерывного литья заготовок широко используют медь и сплавы на ее основе.

Основными причинами выхода из строя гильз кристаллизаторов является износ в процессе трения металла заготовки о рабочую поверхность гильзы, образование трещин и раковин в околослитковой зоне гильзы, а также коробление кристаллизатора. Для уменьшения или устранения влияния данных факторов наносят защитные покрытия на рабочую поверхность кристаллизаторов.

Для оценки влияния защитных покрытий на свойства кристаллизаторов проводили исследование на листовых образцах толщиной 1,6 мм из меди марки М1; на поверхность образцов наносили хромовые гальванические покрытия толщиной 50, 60 и 65 мкм. Перед нанесением хромового покрытия подготавливали поверхность образцов путем их механической обработки и с помощью химического обезжиривания. Осаждение хрома осуществляли при помощи саморегулирующегося сульфатно-кремнефторидного электролита при температуре порядка 70 °С.

Как видно из рис.1, наибольшую микротвердость хромового слоя обеспечивает режим 3, при котором получается слой толщиной 65 мкм. По этому режиму как раз и получено качественное покрытие (рис. 2, а). Другие режимы привели к образованию покрытия с порами и трещинами (рис. 2, б, в).

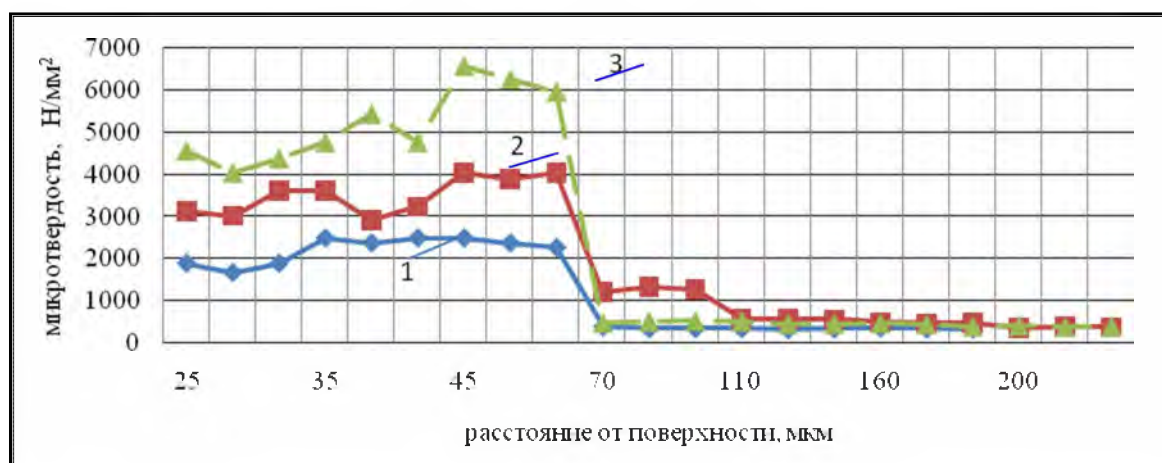


Рисунок 1 – Изменение микротвердости по толщине образцов с покрытиями (режим для получения толщины покрытия: 1-50; 2-60; 3-65 мкм).

Медный кристаллизатор, на который нанесено более толстое и качественное покрытие, будет изнашиваться дольше, чем кристаллизатор с более тонким и дефектным покрытием.

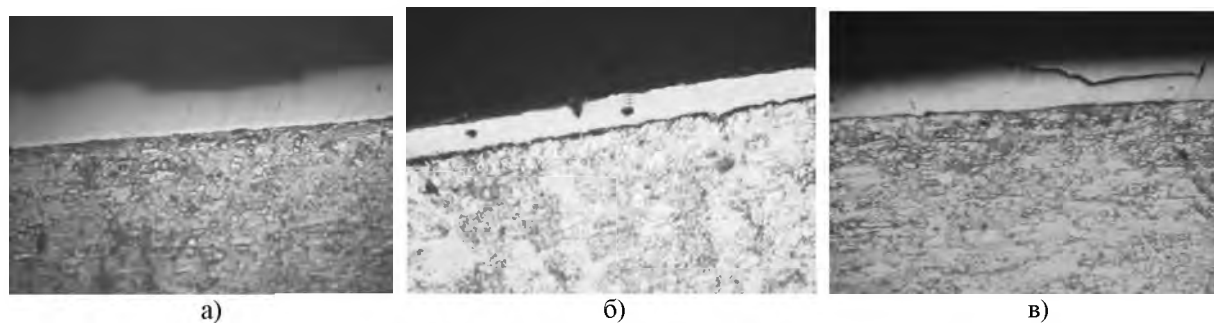


Рисунок 2 – Микроструктура хромированных медных образцов, x250

Важную роль для получения качественного покрытия играет прочность сцепления покрытия и основного металла. Для качественного сцепления при износостойком хромировании шероховатость поверхности образца должна соответствовать 9-10-му классу чистоты (ГОСТ 2789). Среднеарифметическое отклонение Ra для 9-го класса составляет 0,16-0,08 мкм, а для 10-го – 0,08-0,04 мкм. В случае покрытий с дефектами среднеарифметическое отклонение Ra составляло 1,46-1,71 мкм. Более грубая поверхность и приводит к неравномерной толщине покрытия, поро- и трещинообразованию из-за наличия значительных внутренних напряжений как в самом покрытии, так и в окрестности поверхности раздела “хромовое покрытие – медная основа”.

Таким образом, одной из важнейших характеристик, определяемых качество хромового покрытия, является шероховатость поверхности основного металла перед нанесением покрытия; соответствие уровню чистоты, и непосредственно сама толщина покрытия, увеличение которой до определенного уровня приводит к возрастанию микротвердости, следовательно, и износостойкости покрытия.

УДК 621. 771: 669. 018

Влияние легирования на структуру и свойства сварных соединений из низкоуглеродистых сталей

Студент гр. ПМ – 08 Величко Е. В.

Научный руководитель – Алимов В. И.

Донецкий национальный технический университет
г. Донецк

Качество сварных швов зачастую определяет физико-механические и эксплуатационные свойства сваренных металлоконструкций. Определенную роль играет в этом химсостав свариваемых изделий, так как при сварке происходит некоторое перераспределение химических элементов в пришовной зоне; дальнейшее перераспределение их может быть достигнуто термической и термомеханической обработкой.

Целью настоящей работы являлось установление влияния низкого легирования на качество сварных соединений из низкоуглеродистой стали.

Для установления влияния Cr, Mn и Ti изготовили образцы размером 10x10x80 мм из сталей 20, 20X и 18ХГТ стандартного химсостава. Образцы из сталей 20X и 18ХГТ сваривали электродом типа СВ08Г2С (% масс.: 0, 076 C; 1,96 Mn; 0,88 Si; 0,014 S; 0,024 P; 0,044 Cr; 0,017 Ni; 0, 022 Cu; 0,005 Al; 0,005 As; 0,007 N), а образцы из стали 20 электродом типа УОНИ-13/45 (% масс. : 0, 11 C; 0,45-0,8 Mn; 0,2-0,3 Si; 0,03 S; 0,035 P).

Измерение твердости показало, что ее распределение по сечению сварных соединений неравномерно (рис.1).

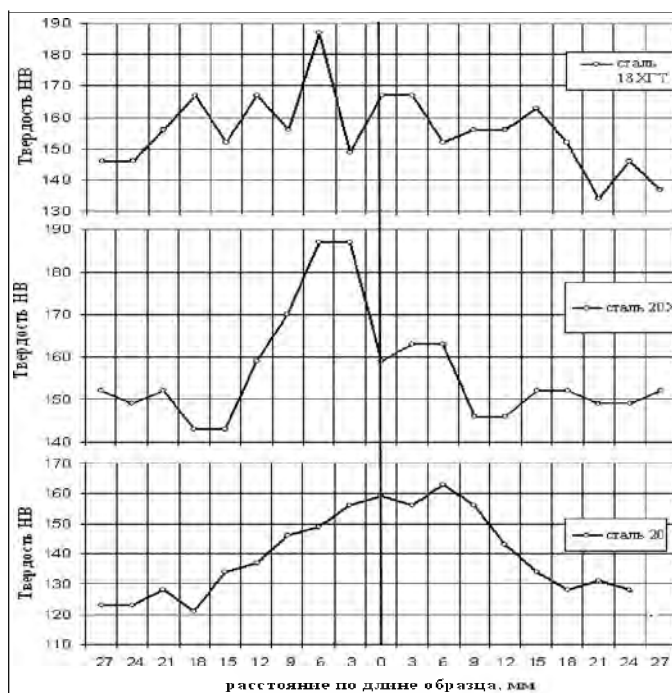


Рисунок 1 – Распределение твердости вдоль легирования

С увеличением степени легирования стали структура в сварном соединении становится более равномерной; зерно в зонах термического влияния несколько измельчается, что также проявляется в увеличении твердости, а значит благоприятном влиянии на дальнейшее упрочнение сварных соединений. Структура сварного соединения из стали 18ХГТ является наиболее мелкозернистой, что особенно проявляется в околошовной зоне и объясняется большим легированием и содержанием титана, который сдерживает рост зерна при высоких температурах. Введение дополнительно легирующих элементов оказывает влияние и на свойства сварных соединений, что видно по увеличению твердости вдоль сварного соединения с увеличением сварных соединений

Таким образом, легирование низкоуглеродистых сталей благоприятно влияет на структуру сварных соединений, особенно при введении в состав стали стабилизирующих легирующих элементов, которые сдерживают рост зерна при нагреве, однако неравномерность распределения свойств по сечению сварного шва остается. Для улучшения качества сварных соединений из низколегированных сталей целесообразно проводить термомеханическую обработку, что показано нами ранее на сварных соединениях из низкоуглеродистых сталей.

УДК669.15

Двухфазные феррито - мартенситные стали.

Студентка гр.104215 Мельниченко А.Г.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания в проблеме производства новых конструкционных материалов, холоднокатаного листа, проката с упрочняющей термической обработкой из низколегированных сталей.

Двухфазные ферритно-мартенситные стали (ДФМС) с регламентированным количеством мартенсита обладают наиболее благоприятным сочетанием прочности и пластичности по сравнению с другими низколегированными сталями. При этом аномально высокое их упрочнение в процессе деформации и искусственного старения позволяет получить повышенную прочность готовых штампованных деталей и снизить их сечение на 15-25 %.

Феррито-мартенситные стали обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, в слабоагрессивных средах (в слабых растворах солей, кислот) и имеют высокие механические свойства. В основном их используют для изделий, работающих на износ, для упругих элементов и конструкций в пищевой и химической промышленности, находящихся в контакте со слабоагрессивными средами (например, 4-5%-ная уксусная кислота, фруктовые соки).

Основным средством получения двухфазных ферритно-мартенситных сталей (ДФМС) является термическая обработка, проводимая, как правило, из двухфазной $\alpha + \gamma$ области: закалка из межкритического интервала после горячей прокатки или специального нагрева. Сталь в таком состоянии имеет низкий предел текучести (отсутствует площадка текучести из-за большого количества свободных дислокаций в феррите). Сталь в таком состоянии легко штампуются, но при этом сильно упрочняется. При этом выбор конкретных режимов должен обеспечивать не только получение заданной структуры, но и минимальную ее чувствительность к неизбежным колебаниям параметров технологического процесса. При разработке способов получения двухфазных структур без специальной термической обработки (непосредственно после горячей прокатки) возникают специфические требования к параметрам распада переохлажденного аустенита. В частности, необходимо получить большое количество (около 80 %) феррита за короткий период охлаждения стали при существенном затормаживании перлитного и бейнитного превращения.

При разработке рационального режима термической обработки из двухфазной области при специальном нагреве, следует учитывать факторы, влияющие на кинетику аустенизации, а также на предпочтительные места зарождения аустенита и его морфологию. Такими факторами служат исходная структура, состав стали, количество и размеры дисперсных частиц и т.п.

Отпуск ДФМС. Наиболее важные особенности поведения ДФМС как естественного композиционного материала определяются значительным различием прочностных характеристик мартенсита и феррита, которые уменьшаются в процессе отпуска. В то же время отпуск часто является обязательной операцией термической обработки готовых изделий из ДФМС. В массивных деталях его проводят для увеличения вязкости или обезводороживания. Для листовых сталей его, как правило, осуществляют дважды: в процессе термической обработки листа, для повышения пластичности ДФМС и снижения склонности стали к старению в процессе хранения, а затем, в готовых деталях — при сушке антикоррозионного лакокрасочного покрытия. Особенности процессов отпуска ДФМС, по сравнению с полностью закаленными сталями, обусловлены не только наличием феррита, пересыщенного атомами внедрения, но также остаточными напряжениями в результате локального мартенситного превращения аустенита, повышенной плотностью дислокаций в зернах феррита вблизи границ с мартенситом, малыми размерами остаточного аустенита, а также неоднородностью выделений специальных карбидов в объеме закаленной стали.

Упрочнение в результате закалочного и деформационного старения. Двухфазные ферритно-мартенситные стали (ДФМС) как материал для изготовления деталей методами холодной деформации не должны проявлять склонность к старению в процессе длительного хранения при температурах, близких к комнатной. В то же время упрочнение при искусственном нагреве готовых деталей из ДФМС обеспечивает

повышение их эксплуатационных характеристик и является желательным. Тем не менее, для ДФМС характерно полное отсутствие признаков старения (появления площадки текучести либо повышения прочности) в процессе выдержки при комнатной температуре длительностью вплоть до года.

Наибольшее упрочнение ДФМС наблюдается при степенях деформации 2-5%. Увеличение степени деформации, как правило, сопровождается уменьшением упрочнения в результате старения. Для марки стали 03ХГСЮ свойства после отжига: $\sigma_{0,2}=260$ МПа; $\sigma_2=355$ МПа; $\sigma_5=435$ МПа; $\sigma_b=485$ МПа, а после деформации на 5% и старения при 200 °С: $\sigma_{0,2}=515$ МПа; $\sigma_b=540$ МПа. Свариваемость ДФМС при точечной сварке кузовных деталей удовлетворительная. Прочность сварных соединений ДФМС выше, чем низколегированной стали. Для марки стали 09Г2 в горячекатаном состоянии прочность основного металла $\sigma_b=529$ МПа, а сварного соединения $\sigma_b=520$ МПа. Это является существенным фактором уменьшения неоднородности распределения прочности в различных участках деталей из ДФМС, претерпевших при штамповке различную деформацию.

Как видно из предыдущего, двухфазная ферритно-мартенситная структура может быть получена с использованием различных сочетаний параметров нагрева и охлаждения. Преимущества одних режимов связаны с возможностью закалки на мартенсит сталей с низким содержанием легирующих элементов или с получением более высокого упрочнения при старении деталей, других — в более высоком сочетании прочности и пластичности и т.п.

Применение двухфазных феррито-мартенситных сталей в автомобилестроении для изготовления штампованных, несущих нагрузку деталей (например, обод колес) позволяет сэкономить более 25% стали и является рентабельным, несмотря на усложнение технологии. ДФМС применяют для изготовления кронштейнов, брусков безопасности, бамперов, усилителей, дисков колес, элементов подвески и различных стоек, т.е. деталей, требующих существенного повышения эксплуатационных характеристик. Также из ДФМС изготавливают стержневые крепежные изделия (болты, шпильки) повышенной прочности методом холодной объемной штамповки. В ряде исследований показана эффективность использования двухфазных сталей в качестве высокопрочного материала магистральных трубопроводов повышенной надежности против разрушения. Применение технологии изготовления крепежных изделий из ДФМС позволяет, во-первых, использовать более дешевый горячекатаный прокат вместо традиционно применяемого проката после сфероидизирующего отжига; во-вторых, получать высокопрочный крепеж ($\sigma_b \geq 800$ МПа) без проведения завершающего улучшения (закалки и высокого отпуска) и, в-третьих, заменить традиционно применяемые для данного назначения легированные конструкционные термоулучшаемые стали марок 38ХА, 38ХГНМ и др. на низколегированные ДФМС марок 08Р, 12Г1Р и т. д.

УДК 669.725

Бериллий и его сплавы

Студент гр. 104215 Дубаневич Е.Р.

Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы являлось изучение бериллия и его сплавов

Бериллий обладает малой плотностью, высоким модулем упругости и прочностью, размерной стабильностью, теплостойкостью, хорошей коррозионной стойкостью в ряде агрессивных сред. Этот металл - в полтора раза легче алюминия и в то же время прочнее специальных сталей. Особенно важно, что бериллий и многие его сплавы, не утрачивают полезных свойств при температуре 700...800°С.

Бериллий - металл второй группы Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Порядковый номер бериллия 4, атомная масса 9,01, температура плавления 1284 °С. Бериллий может существовать в двух полиморфных модификациях. До 1250 °С имеет гексагональную плотноупакованную решетку, выше - решетку объемно-центрированного куба. Плотность бериллия 1845 кг/м³. Комплекс физических, химических и механических свойств позволяет отнести бериллий к наиболее ценным конструкционным материалам.

Для производства компактного бериллия в виде заготовок применяют методы порошковой металлургии.

По сравнению с другими легкими материалами бериллий обладает уникальным сочетанием физических и механических свойств. По удельной прочности и жесткости он превосходит все другие металлы (Таблица 1).

Бериллий отличается высокой электро- и теплопроводностью, приближающейся к теплопроводности алюминия, а по удельной теплоемкости [≈ 2500 Дж/(кг × град)] превосходит все остальные металлы. Бериллий стоек к коррозии. Подобно алюминию, при взаимодействии бериллия с воздухом на поверхности его образуется тонкая оксидная пленка, защищающая металл от действия кислорода даже при высокой температуре.

Таблица 1 - Удельная прочность и жесткость материалов

Материал	σ_b , МПа	γ , (кг/м ³) · 10 ⁻³	$\sigma_b / (\gamma g)$, км	$E / (\gamma g)$, км
Магнийевый сплав МА10	430	1,8	24	2,3
Алюминиевый сплав В95	700	2,9	21	2,4
Титановый сплав ВТ6	1500	4,5	22	2,6
Сталь 03Н18К9М5Т	1750	7,8	23	2,6
Бериллий	680	1,8	38	16,1

Бериллий имеет высокие ядерные характеристики — самое низкое среди металлов эффективное поперечное сечение захвата тепловых нейтронов и самое высокое поперечное сечение их рассеяния.

Недостатками бериллия является высокая стоимость, а также низкая хладостойкость. Ударная вязкость технического бериллия ниже 5 Дж/см². Несмотря на эти недостатки, уникальная совокупность технических преимуществ позволяет относить бериллий к числу выдающихся аэрокосмических материалов.

Серьезный недостаток бериллия, заключающийся в низкой ударной вязкости и хладноломкости, может быть преодолен использованием сплавов с алюминием.

Широкое распространение получили сплавы меди с 2–5 % бериллия, так называемые бериллиевые бронзы.

В настоящее время разработан ряд литейных бериллиевых сплавов (Таблица 2).

Таблица 2 - Химические составы (% , остальное — Ве) литейных бериллиевых сплавов

Сплав	Массовая доля элементов, %									
	Al	Ni	Mg	Cu	Zr, Sc, Y, Gd, PЗМ	Примеси, не более				
						Si	Fe	Mn	Ti	O ₂
ЛБС-1	24–34	3–6	–	–	0,06–0,21	0,1	0,15	0,1	0,05	0,1
ЛБС-2	36–24	3,5–4,5	0,6–0,8	–	0,03–0,12	0,1	0,15	0,1	0,05	0,1
ЛБС-3	30–34	–	0,1–0,6	6–8	0,05–0,1	0,1	0,15	–	–	0,1

Приведенные сплавы имеют очень хорошие механические характеристики (Таблица 3).

Таблица 3 - Механические свойства литейных бериллиевых сплавов

Свойство	ЛБС-1	ЛБС-2	ЛБС-3
σ_b , МПа	220–250	250–320	270–280
$\sigma_{0,2}$, МПа	180–220	220–270	250–270
δ , %	2–3	2–3	1,1–1,3
ψ , %	2–3	2–3,5	–
КСУ, МДж/м ²	0,025–0,035	0,033–0,040	0,025–0,045
E , ГПа	200	200	200

УДК 621.791.92.04

Исследование структурообразования наплавленных покрытий, полученных из проката, предварительно подвергнутого ХТО

ст. гр.104514 Бостынец С.М., Лебедько С.В., Базылик Д.В.

Научный руководитель – Стефанович А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является уделение внимания к проблеме повышения срока эксплуатации скользящих контактов, работающих в кислотно-щелочных средах при нанесении гальванических покрытий.

Скользящие контакты работают в условиях непрерывного скольжения проволоки по контактной поверхности в щелочных и кислых растворах. Такие условия эксплуатации предъявляют требования к материалу скользящего контакта по высокой износо- и коррозионной стойкости, обязательным условием в зоне контакта является отсутствие искрообразования, которое создает на поверхности проволоки микронеровности. В дальнейшем, в процессе волочения проволоки на микронеровностях, гальваническое покрытие нарушает свою сплошность, что является браком.

Для повышения срока службы скользящих контактов можно использовать поверхностное упрочнение прибегая к методу наплавки. Исходя из условий эксплуатации наплавленное покрытие должно удовлетворять следующим требованиям: высокой коррозионной стойкости (содержание хрома > 13%); деформационно стабильной аустенитной структуры (появление α -фазы в структуре вызывает искрообразование); повышенной износостойкости.

Получить такое покрытие возможно с использованием в качестве присадочного материала, при наплавке, проволоки из аустенитной стали, подвергнутой насыщению азотом и бором. Азот способствует стабилизации аустенитной структуры, а бор - образованию боридов, обеспечивающих повышение износостойкости.

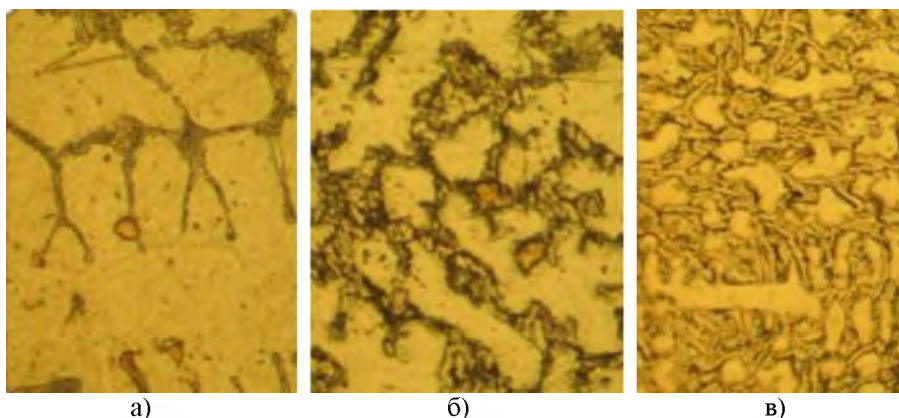


Рисунок 1 – Микроструктуры наплавленных покрытий полученных из проволоки 06X19H9T подвергнутой предварительной ХТО.

Микротвердость структурных составляющих наплавленного покрытия зависит от температурновременных параметров ХТО. Увеличение времени азотирования с 1 до 2 часов повышает твердость твердого раствора на 950..560 МПа, и твердость дендритов составляет 2300..2500 МПа при азотировании 1 час и 2860..3410 МПа при азотировании 2 часа. Микротвердость эвтектики колеблется в широких пределах и зависит от времени борирования. Увеличение времени борирования проволоки с 1 до 4 часов, при $t=950^{\circ}\text{C}$ приводит к повышению твердости эвтектики с 4580 МПа до 6480 МПа. Такое повышение твердости наплавленного покрытия связано с увеличением количества боридов в структуре. Износостойкость наплавленного покрытия определяется твердостью покрытия в целом, если структура является гомогенной. Если структура является гетерогенной, то износостойкость определяется количеством и твердостью включений находящихся в структуре. При этом возможно значительное повышение износостойкости при несущественном увеличении макротвердости покрытия.

Студент гр.301413 Хартанович О. А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одной из важнейших задач, входящих в общую проблему ресурсосбережения, является разработка и внедрение высокоэффективных и экономичных методов получения новых композиционных материалов с использованием промышленных отходов. Актуальность работы достаточно высокая в связи с возможностью утилизации промышленных отходов, при использовании их в составе материалов для газотермического напыления и струйно-абразивной обработки. Утилизация промышленных отходов и разработка на их основе наиболее эффективных, рациональных, ресурсосберегающих, экономически целесообразных, экологически безопасных, новых материалов для получения различных покрытий в условиях современного развития предприятий РБ весьма актуальна. Результатом работы является разработка новых материалов для напыления и струйно-абразивной обработки с использованием в их составе отходов производства, для снижения затрат и утилизации отходов. Разработана установка для разделения отходов на металлическую и неметаллическую фракции. Эффективная защита от коррозии, упрочнение, восстановление изношенных поверхностей, достигаются за счет использования современных технологий и новых материалов [Л 1, 2].

Исследован вопрос подготовки поверхности перед нанесением покрытий. Проведен анализ методики определения очагов коррозии. Выбран материал, имеющийся в больших количествах в Республике Беларусь в качестве отходов, для струйно-абразивной обработки, обеспечивающий все необходимые требования к обрабатываемой поверхности перед нанесением покрытий. Для струйно-абразивной обработки предложено использовать частицы абразивов, полученных из промышленных отходов.

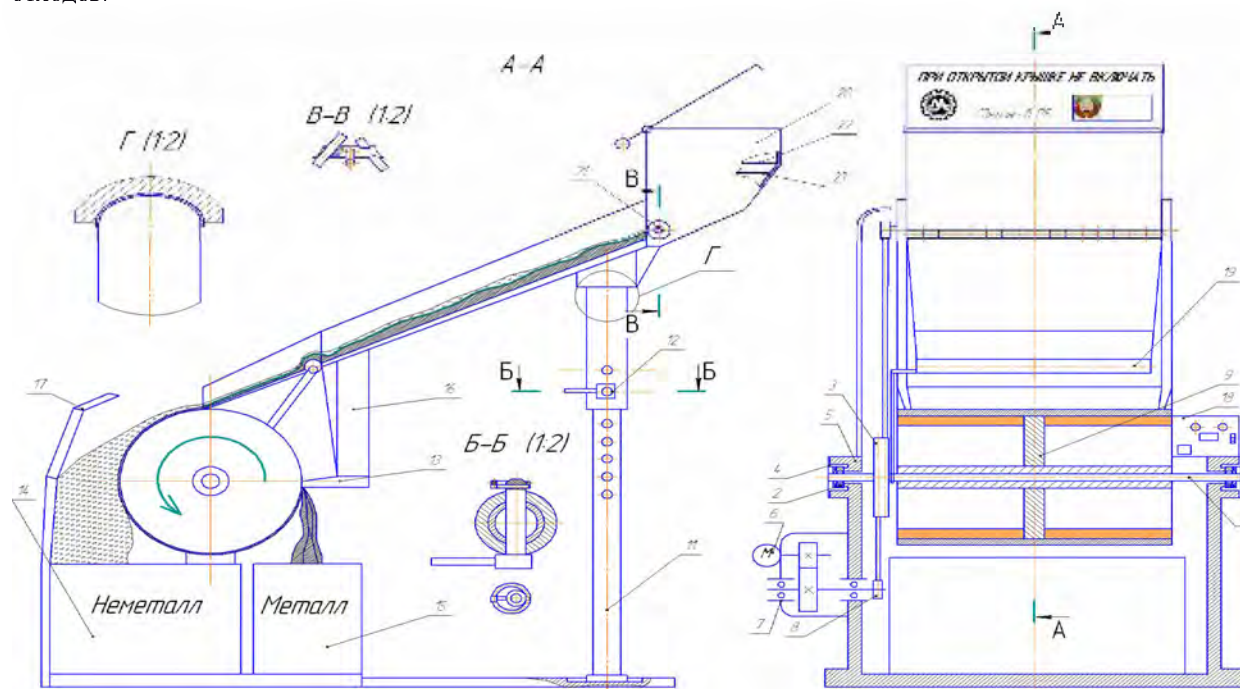


Рисунок 1 – Установка для разделения отходов производства

Установка для разделения отходов производства (Рис. 1) состоит из вала опорного поз.1, закрепленного в подшипниковых узлах поз. 2 в стаканах со втулками поз. 4 на станине поз. 5. На валу закреплен электромагнитный барабанный ролик поз. 9, представляющий собой сборную конструкцию. Опорный вал приводится во вращение ременной передачей поз. 8 посредством двухручьевого шкива поз. 3, приводящего во вращение вал-ворошилку поз. 21, установленную в бункере-дозаторе поз. 20, имеющем внутри решетку для грубой очистки материала поз. 22 и решетку для тонкой очистки материала поз. 23. Материал из бункера поступает на направляющие поз. 10, регулируемые по высоте и углу наклона телескопической штангой поз. 11, фиксируемой механизмом стопорения поз. 12, и сыплется на вибратор поз. 19, откуда равномерно распределяется на электромагнитный барабанный ролик. Ферромагнитная металлическая часть материала притягивается к ролику и совершает движение вместе с роликом на угол $268..278^{\circ}$, после чего механически снимается чистиком поз. 13, регулируемым механизмом установки и

прижатия чистика поз. 16 и попадает в емкость для сбора металлической фракции поз. 15 (для напыления). Неметаллическая часть материала направляется на защитный кожух-отражатель поз. 17 или самотеком непосредственно поступает в емкость для сбора неметаллической фракции поз. 14 (для струйно-абразивной обработки). Управление работой установки осуществляется при помощи пульта управления с электромагнитным устройством поз. 18.

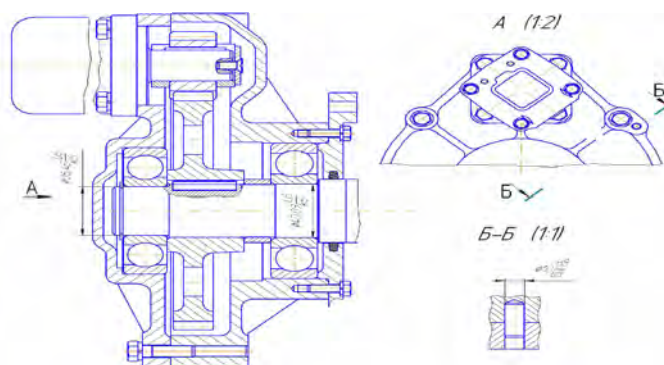


Рисунок 2 – Мотор-редуктор

Установка приводится в действие посредством редуктора поз. 7 с гидромотором поз. 6 (Рис. 2).

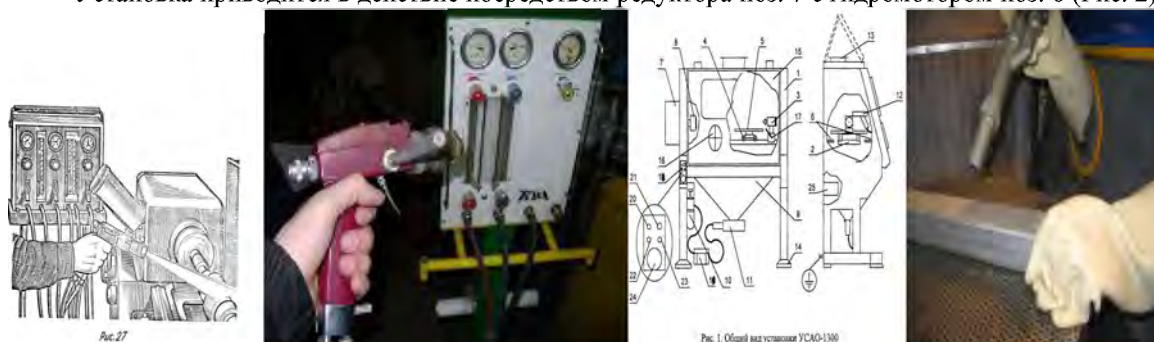


Рисунок 3 – Примеры внедрения разработки

Литература

1. Борисов Ю.С., Харламов Ю.А., Ардатовская Е.Н. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справочник.— Киев: Наукова думка, 1987. — 544 с.
2. Восстановление деталей машин: справочник/Под ред. В.П. Иванова. - М: Машиностроение, 2003.

УДК.621.78

Контролируемые атмосферы в машиностроении. Экзогаз

Студент группы 104215 Пашкевич В.Ф.
 Научный руководитель – Щербаков Э.Д.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Эндогаз – основа контролируемой атмосферы при термической и химико-термической обработки.

Для осуществления различных процессов термической обработки в зависимости от марок обрабатываемых металлов и сплавов, температуры процесса, необходимого углеродного потенциала среды и других технологических параметров в мировой практике нашли применение различные типы печных атмосфер. Большое распространение получает эндотермическая атмосфера, являющаяся продуктом крекинга природного газа с 75%-ным недостатком воздуха ($d = 0,25$) в присутствии специального катализатора. Состав эндогаза (40% H_2 ; 20% CO ; $CH_4 + CO_2 + H_2$ до 1,5%; остальное N_2). Эта атмосфера сравнительно дорога, имеет повышенную взрывоопасность и токсичность, вызывает водородное охрупчивание и склонна к выделению сажи, особенно при замедленном охлаждении и нагреве в интервале температур 650-800°C.

К ее достоинствам относят простоту приготовления, невысокую стоимость, известную универсальность и возможность регулирования углеродного потенциала посредством изменения влажности. Основным недостатком эндотермической атмосферы является ее взрывоопасность. Для проведения высокого отпуска она непригодна. Применение взрывобезопасного продувочного газа зна-

чительно удорожает и усложняет термообработку.

Эндотермическая атмосфера имеет слабую науглероживающую способность и поэтому в чистом виде не может быть использована, как газ-карбюризатор при цементации и нитроцементации. Обогащение ее углеводородными газами (метан) для повышения науглероживающей способности приводит к невозможности использования косвенного метода регулирования углеродного потенциала по точке росы. Науглероживающая способность атмосферы в этом случае становится функцией не только влажности атмосферы, но и содержания в ней метана. Добавка аммиака при проведении нитроцементации также изменяет характер этих зависимостей и еще более усложняет контроль углеродного потенциала по точке росы. Для устранения этого недостатка процесс цементации осуществляют в два этапа: первый - при заведомо повышенном углеродном потенциале (для ускорения процесса насыщения, с регулированием подачи карбюризатора только по показаниям расходомера) и второй - выравнивание концентрации углерода с доведением ее до заданной с регулированием состава атмосферы по точке росы. Однако такой порядок проведения технологических операций значительно усложняет термообработку. По последним данным, оптимальное качество упрочненного слоя при этом не достигается. Необходимость корректировки точки росы с изменением температуры процесса термообработки также является недостатком этой атмосферы. Снижение прочности вследствие внутреннего окисления в атмосфере эндогаза может быть предотвращено легированием элементами, имеющими меньшее сродство к O_2 чем Fe.

Указанные недостатки эндотермической контролируемая атмосферы (кроме взрывоопасности и токсичности) связаны с использованием для контроля и регулирования углеродного потенциала метода, основанного на связи науглероживающей способности атмосферы с ее влажностью.

Методы контроля и регулирования состава контролируемой атмосферы, основанные на применении инфракрасных анализаторов, серийно выпускающихся отечественной промышленностью или приборов прямого контроля, лишены этих недостатков и поэтому весьма перспективны для широкого применения в промышленности.

Рассмотрим простейшую схему приготовления из природного газа эндотермической контролируемой атмосферы типа Н-40/20 (рис.1).

Воздух и природный газ смешиваются в газосмесительной машине (в состав машины входят следующие узлы: воздушный фильтр 1, регулятор давления 2, расходомеры воздуха и газа 3, нуль-регулятор 4, регулятор соотношения 5 и газодувка 6), в соотношении, которое соответствует коэффициенту расхода воздуха $a \sim 0,25$. Газовоздушная смесь под избыточным давлением около 0,05 бар через пламегаситель 7 направляется в реторту 12, реакционную камеру эндотермического газогенератора 8. Здесь при температуре около 950 °С, поддерживаемой с помощью электронагревателей 9, в присутствии шамотно-никелевого катализатора 13 типа ГИАИ-8 кислород воздуха взаимодействует с природным газом.

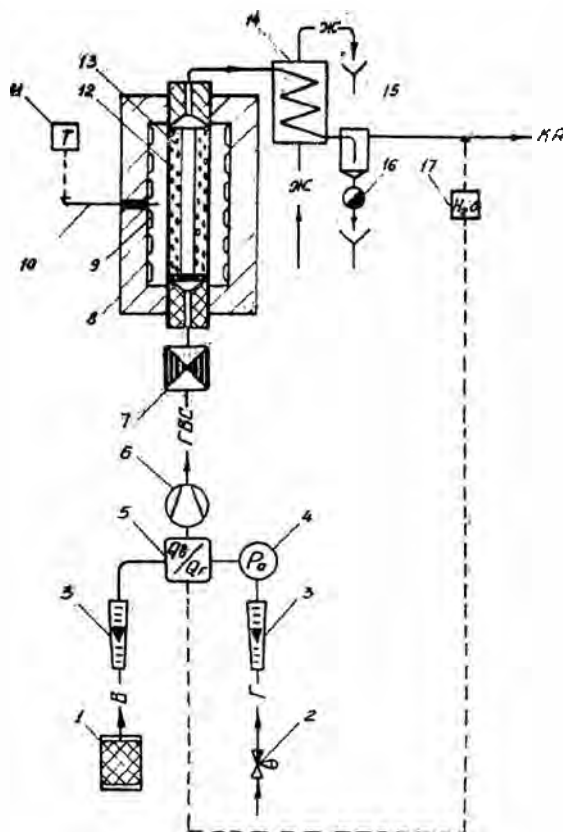


Рисунок 1 – Простейшая схема приготовления из природного газа эндотермической контролируемой атмосферы типа Н-40/20

Исходя из условий наибольшей экономичности, технологичности и регулируемости по углеродному потенциалу для процессов цементации и нитроцементации, оптимальной является экзо-эндотермическая атмосфера состава 20% CO, 20% H₂ остальное N₂. Эта атмосфера вследствие пониженного содержания водорода (вдвое меньше чем в эндогазе) позволяет существенно повысить долговечность обрабатываемых деталей, работающих на изгиб при знакопеременной нагрузке, а также в условиях торцевого износа.

Машины и технология литейного производства

Некоторые особенности процессов производства корпусных отливок из высокопрочных чугунов

Студент гр. 104316 Гуминский Ю.Ю.
 Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.
 Белорусский Национальный технический университет, г. Минск
 РУП ГЛЗ «Центролит», г. Гомель

Современное машиностроение характеризуется постоянным повышением уровня рабочих параметров и единичной мощности машин и агрегатов, использованием высоких давлений, скоростей и температур, что ведет к ужесточению требований к физико-механическим свойствам сплавов, среди которых широкое распространение получают высокопрочные чугуны. В последние годы на первый план основных требований к металлопродукции вышли такие показатели качества, как конкурентоспособность, надёжность и долговечность. Одним из путей решения проблемы повышения конкурентоспособности и долговечности машин, станков, пневмо- и гидроаппаратуры приводов и другого оборудования является более широкое внедрение для ответственных корпусных деталей высокопрочных чугунов с шаровидной и вермикулярной формой графита (ВЧШГ и ЧВГ).

Требования к ВЧШГ и ВЧВГ как к конструкционным материалам непрерывно возрастают. Кроме статической прочности, пластичности и твёрдости всё большее значение приобретают такие механические свойства, как сопротивление усталости при динамических и знакопеременных нагрузках, ударная вязкость и износостойкость. Именно эти механические характеристики в некоторых случаях определяют выбор конструкционного материала для литых корпусных деталей ответственного назначения и соответственно технологический процесс производства отливок.

Главная особенность процессов производства многих корпусных отливок заключается в том, что необходимо обеспечить высокие механические свойства, достаточную плотность и заданную микроструктуру чугуна в массивных стенках и в тоже время - высокую жидкотекучесть расплава и отсутствие отбела и неспаев в тонких стенках. Это основное противоречие при изготовлении корпусных отливок, особенно для металлорежущих станков, решается использованием эффективных технологических методов, операций и средств изготовления литейных форм и оптимизацией химического состава и физического состояния выплавленного чугуна [1], а также факторов регулирования литой структуры [2].

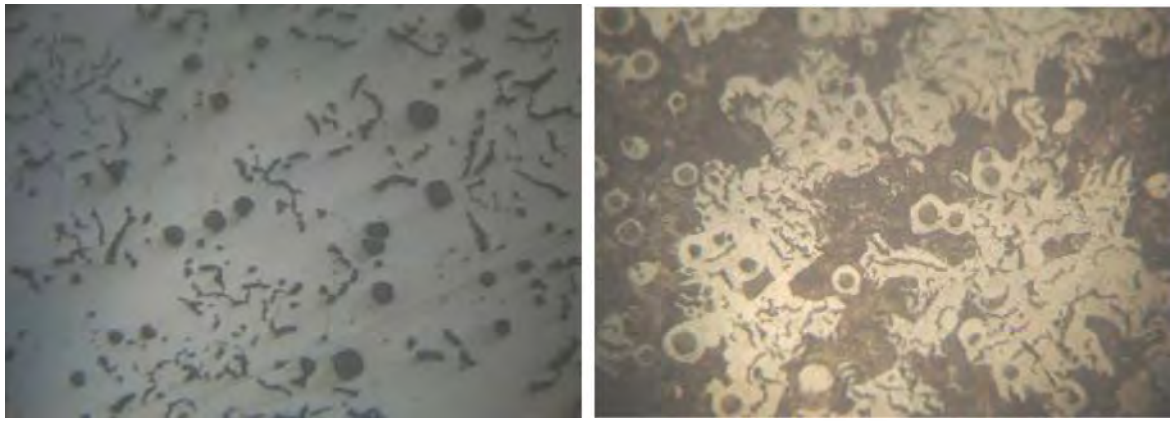
При изготовлении литейных форм для корпусных отливок станко- и машиностроения используются следующие технологические методы и средства. Это: протановка холодильников, экзотермических и модифицирующих брикетов, питающих бобышек, фильтровальных сеток и фильтров из вспененной керамики, легирующих сотообразных и сетчатых вставок, специальных стержней и жгутов. Для изготовления отдельных ответственных отливок применяют также жидкие самотвердеющие смеси, оболочковые формы, импульсную формовку, способы формовки в стержнях и в жакетах, литьё в кокиль и другие специальные способы литья.

Для плавки чугуна используются индукционные тигельные печи ёмкостью от 0,4 до 10 т и полусинтетические вторичные шихтовые материалы. В шихту для особо ответственных отливок вводят до 15% чушковых чугунов. Для воздействия на физическое состояние расплавов проводят необходимые операции перегрева, печной и внепечной обработки [1], включая операции рафинирования, инокулирования и др. [3].

Известно, что при изготовлении литых корпусных деталей химический состав и механические свойства стандартных ВЧШГ устанавливаются в соответствии с ГОСТами 7293-85, 7769-82 и 1585-85, а отливок из ЧВГ - по ГОСТ 28894-89. В табл. 1 представлены рекомендуемые марки чугуна, типичные представители литых деталей станкостроения и требования к микроструктуре в соответствии с ОСТ 2 МТ29-1-87.

Таблица 1 – Классификация станкостроительных отливок из высокопрочного чугуна

Класс	Группа	Основные требования к деталям	Типичные представители деталей	Балл перлита и графита по ГОСТ 3443-87	Марка чугуна
1	а	Высокая прочность	Корпусные детали машин, редукторов, станков и другого оборудования	П92	ВЧ45, ВЧ50
	б	Повышенная износостойкость	Столы, салазки, суппорты, направляющие и т.п.	П70	ВЧ50, ВЧ60
	в	Работа при давлениях более 20 МПа	Корпуса золотников и гидро- и пневмоаппаратуры приводов	П70	ВЧ50, ВЧ60
3	-	Высокие антифрикционные свойства	Втулки, направляющие и корпуса подшипников машин и станков	ШГФ2 ШГФ5	АЧВ-1



а

б

Рисунок 1 – Структура высокопрочного чугуна с вермикулярной формой графита в корпусных отливках до травления (а) и после травления (б)

Установлено, что эффективной является обработка чугуна сфероидизирующими магнийсодержащими присадками в струе металла для стационарных разливочных установок или ковшей. Оптимальным для массивных корпусных отливок является повышенное остаточное содержание в чугуне магния (0,04 - 0,08%). В случае низкого остаточного содержания магния (менее 0,04%), получается графит вермикулярной, пластинчатой или смешанной формы (рис. 1), а при содержании магния, превышающем 0,08 - 0,10% в чугуне толстостенных отливок появляются включения графита шиповидной формы, образующегося обычно у границ зерен. При содержании его в чугуне 0,10% и более проявляется не только модифицирующее, сколько легирующее действие магния, в результате чего понижается активность углерода, чугун кристаллизуется с отбелом, повышается твердость отливок и ухудшается их обрабатываемость резанием.

Литература

1. Производство чугуновых отливок ответственного назначения в условиях завода РУП ГЛЗ «Центролит» // Сайков М.А., Грищенко В.С., Карпенко М.И. и др. – Мн.: Литьё и металлургия, 2008, №3. – с. 98-101.
2. Литовка В.И. Повышение качества высокопрочного чугуна. – Киев: Наук. думка, 1987. -208 с.
3. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. // Захарченко Э.В. , Левченко Ю.Н. Горенко В.Г. и др. - Киев: Наук. думка, 1986. -248 с.

УДК 669.14.018.252

Перспективы использования литого инструмента

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

Преимущества литого инструмента в настоящее время подтверждены многолетней производственной практикой. Хотя технология изготовления режущего инструмента литьем по ряду причин не может претендовать на полное вытеснение существующего метода изготовления инструмента из кованых и катаных заготовок, тем не менее, для народного хозяйства широкое внедрение литого инструмента является насущной и весьма актуальной задачей.

Большой экономический эффект достигается в результате повышения стойкости инструмента при замене деформированного металла литым путем дополнительного легирования, микролегирования и модифицирования, а также регулирования условий кристаллизации. В этом случае достигается структура, обеспечивающая инструменту оптимальное сочетание свойств в конкретных условиях эксплуатации.

В экономическом отношении существующая практика производства режущего инструмента является далеко не совершенной. Не менее 70-75% выплавленной быстрорежущей стали идет в различные отходы и только 25-30% ее эффективно используется в виде инструмента (таблица).

Таблица – Потери металла при изготовлении инструмента различными методами

Наименование операций	Потери при изготовлении инструмента в %		
	Кованый	Отлитый в песчаные формы	Изготовленный точными методами литья
Разливка	2-3	2-3	1-2
Обрезка прибылей и литников	30-32	20-25	5-8
Отжиг слитков	1-2	-	-
Обдирка слитков	3-4	-	-
Нагрев под ковку	2-3	-	-
Ковка (отрезка концов)	5-6	-	-
Отжиг	1-2	1-2	1-2
Мехобработка	20-25	7-10	3-5
В среднем	70	35	15

Анализируя данные таблицы, можно сделать следующее заключение: имея в своем распоряжении одно и то же количество жидкой быстрорежущей стали при непосредственной отливке инструмента, можно по крайней мере, в 1,5-2 раза увеличить выпуск режущего инструмента (при отливке в песчаные формы). В случае изготовления инструмента при помощи более точных методов (по выплавляемым моделям, по газифицируемым моделям, Шоу-процесс, оболочковое литье) выпуск инструмента увеличивается еще больше.

УДК 669.046:620.193.001.5

Процесс окисления сталей при повышенных температурах

Студент гр.104324 Кухарчук М.Н.
 Научный руководитель – Крутилин А.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

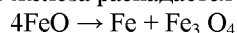
Технологические процессы обработки, связанные с нагревом и охлаждением железоуглеродистых сплавов на воздухе или продуктах сгорания топлива, сопровождаются процессом окисления. Особенно интенсивно процесс окисления протекает при температурах, превышающих 600° С, поверхность сплавов покрывается продуктами газовой коррозии – окалиной.

При нагреве сталей перед штамповкой, ее потери на окисление составляют 1,5 - 2 %, а в процессе деформации и охлаждения 0,5-0,6 % от массы нагреваемого металла, потери на окисление доходят до 6-8,4 %, а всего в прокатных, кузнечных и термических цехах в окалину переходит до 5% обрабатываемого металла (1).

Вследствие взаимодействия с газами, процессы окалинообразования в поверхностном и внутреннем слоях протекают одновременно и взаимосвязано. Динамика окисления сталей зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются температура, сродство металла к кислороду, скорость образования, прочность оксидной пленки, ее дефектность и т.д.

Окисление является сложным гетерогенным процессом, включающим ряд стадий: подвод кислорода, адсорбцию молекул на поверхности, диссоциацию молекул кислорода на атомы, поглощение атомов кислорода металлом, с образованием твердых растворов или химических соединений, диффузию кислорода в поверхностный слой (рост окалины).

Окалина, железоуглеродистых сплавов состоит из трех слоев, которые приблизительно соответствуют закиси железа FeO, оксиду железа Fe₂O₃ и магнетиту Fe₃O₄. Последовательность в расположении слоев разных фаз в окалине соответствует диаграмме состояния железо-кислород. Оксид FeO, в соответствии с диаграммой Fe-O, устойчив при температурах выше 560⁰ С. При медленном охлаждении с более высоких температур закись железа распадается согласно уравнению:



Термодинамические расчеты показывают, что железо не может существовать одновременно со всеми своими оксидами. Действительно, для системы Fe – FeO – Fe₃ O₄ → Fe₂ O₃ – O₂ число степеней свободы с=-1. Это означает, что такая система не может существовать ни при каких значениях температур и концентраций кислорода. В случае исчезновения одной фазы с=0. Такая система существует при строго определенной температуре и давлении P_{o2}.

В лабораторных условиях кафедры “Машины и технология литейного производства” проведены экспериментальные исследования процесса окисления сталей Ст20, Ст45, нержавеющей стали Х18Н9Т и стали для изготовления металлокорда БМЗ. Предварительно прокаленные алундовые тигли вместе с образцами помещали в печь сопротивления при температуре 1000⁰ С и выдерживали в течение 20, 40, 60 минут. Алундовые тигли прошли предварительную прокатку в несколько стадий до фактического прекращения фазовых превращений, которые влекли изменение их массы. Образцы до и после испытаний взвешивали на электронных весах. В экспериментах фиксировали прирост массы, отнесенный к площади поверхности образцов. В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

Сталь	Раз-ры обр-ца	Площадь ь	Вес	Т-ра	Вес после испыт ΔР			Уд. Вес после испыт. ΔР/S		
	d/h мм				S, мм ²	Р, г	°С	20	40	60
Ст20	25,3 16,1	2283,958	64,687	1000			65,468			0,02866
	25,9 16,5									
	25,6 16,2	2331,136	64,908	1000	65,048			0,0279		
Ст45	25,0 20,1	2559,100	76,591	1000			77,38			0,03024
	25,0 20,1	2559,100	77,174	1000		77,799			0,0304	
	25,0 20,3	2574,800	77,384	1000	77,587			0,0301		
БМЗ	10,0 20,1	788,140	12,391	1000	12,458			0,0158		
	10,0 20,1	788,140	12,273	1000		12,392			0,0157	
	10,0 20,0	785,000	12,231	1000			12,365			0,01575
Х18Н9Т	14,2 27,0	1269,44	17,830	1000			17,84			0,0141
	14,3 27,0	1276,06	18,270	1000		18,27			0,0143	
	14,2 27,5	1289,74	18,420	1000	18,43			0,0143		

Результаты экспериментальных исследований показали, что изменение удельного прироста массы образцов происходит по параболическому закону. Минимальный уровень окисления имеет нержавеющая сталь Н18Н9Т, в отличие от остальных исследованных сталей парабола зависимости уд массы от времени для нее имеет восходящий характер.

УДК 621.74.

Графитизирующее модифицирование чугуна

Студент гр.104326 Сергеев В.Н.
 Научный руководитель – Крутилин А.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Одним из наиболее эффективных методов воздействия на кристаллизацию, с целью получения оптимальной структуры графита и матрицы, а, следовательно, и на физико-механические свойства заготовок, является модифицирование. Механизм графитизирующего модифицирования чугуна заключается в воздействии на зарождение и рост кристаллов, и на кристаллизацию графита при эвтектической температуре. Эффект модифицирования определяется числом активных дополнительных центров кристаллизации. Элементы, входящие в состав графитизирующих модификаторов, взаимодействуя с серой и газами, связывают их в химические соединения, устраняя тем самым их карбидостабилизирующее действие. В процессе графитизации происходит диффузия углерода в расплаве и кристаллизация углерода в виде графита на имеющихся зародышах. В качестве кристаллических

зародышей могут выступать оксиды, сульфиды, нитриды, карбиды и т.д., имеющие структурное и размерное соответствие кристаллических решеток соответствующего металла или выпадающей фазы. Критериями степени эффективности графитизирующих модификаторов, является уменьшение склонности чугуна к отбелу, снижение величины переохлаждения при эвтектической кристаллизации, измельчение и улучшение формы эвтектических зерен, продолжительность действия модифицирующего эффекта.

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

Практикой литейного производства найдены общие закономерности, определяющие наиболее универсальные составы комплексных модификаторов. В различных странах мира используют большое количество различных составов графитизирующих комплексных модификаторов, полученных преимущественно на основе ферросилиция. Высокая эффективность действия модификаторов на основе кремния, обусловлена возникновением локальных химических и тепловых неоднородностей при растворении модификатора в расплаве. В зонах с высокой концентрацией кремния растворимость углерода уменьшается, в результате выделяется избыточный углерод, образующий микрогруппировки, которые могут являться потенциальными зародышами графита при кристаллизации. С течением времени группировки становятся термодинамически неустойчивыми, происходит дезактивация потенциальных зародышей кристаллизации графитовых включений, что определяет термовременной характер модифицирующего эффекта. Анализ известных теоретических и практических данных показывает, чем интенсивнее влияние модификатора в начальный момент после модифицирования, тем быстрее оно затухает во времени. С понижением температуры расплава продолжительность модифицирующего эффекта возрастает, а эффективность модифицирования, вследствие ухудшения усвоения модификаторов, падает.

Применяемые модификаторы разнообразны по химическому составу, к сожалению, точные данные по их сравнительной эффективности отсутствуют, т. к. не существует шкалы эффективности модификаторов по отношению к получаемым свойствам чугуна. В зарубежной практике наибольшее распространение получили - Инокулин, Суперсид, Эскалой, Суперсиликон OGRC – 6 и др. В странах СНГ разработаны аналоги этих модификаторов, однако, несмотря на соответствие по химическому составу эти модификаторы не нашли широкого промышленного применения.

Согласно многочисленным исследованиям наличие Ca, Sr, Zr, Ba, PЗМ в графитизирующих модификаторах увеличивает длительность действия модификаторов, снижает вредное влияние Pb, As, Sb, Bi, Ti и других десфероидирующих элементов. Большинство специалистов считает, что основное действие PЗМ направлено на нейтрализацию влияния элементов, раскисляющее и десульфуризирующее воздействие на расплав чугуна. Рекомендуемое содержание PЗМ в модификаторах не более 10%.

В последние годы широкое распространение получают модификаторы, содержащие барий, эффективно подавляющие карбидообразование в тонкостенных отливках. Термодинамический анализ реакций взаимодействия бария с компонентами чугуна при температурах расплава показывает наибольшее сродство бария, в первую очередь, к кислороду, затем к сере и углероду. Обобщая литературные данные можно сказать, что механизм действия бариевого модификатора сводится к переводу микрочастиц графита находящихся в расплаве в активированное состояние, вследствие удаления из жидкого чугуна кислорода, находящегося в основном в свободном состоянии. Повышение концентрации кремния и пониженная концентрация кислорода в локальных зонах обеспечивают повышение активности углерода, тем самым создаются благоприятные условия для стимулирования процесса зародышеобразования и кристаллизации графита. Длительность действия графитизирующего модифицирования силикобарием сохраняется в течение 15-25 мин. Комплексные модификаторы с барием хорошо растворяются в чугуне, их расход, по сравнению с кальцийсодержащими комплексными модификаторами, значительно меньше. Исследования, подтвержденные практикой их применения, показали, что наибольший интерес представляет FeSi с добавкой 2-4% Ba, имеющий наибольший модифицирующий эффект и являющийся технологичным с точки зрения его производства.

При производстве тонкостенных чугунных отливок, в состав комплексных на основе ферросилиция, вводят стронций, обладающий практически одинаковой с кальцием активностью по отношению к кислороду и сере. Влияние циркония на процесс зародышеобразования и на характер кристаллизации, до конца не выяснено, однако, обработка чугунов модификаторами FeSiZr, FeSiMnZr является благоприятной, с точки зрения улучшения структуры чугунов и повышения уровня их механических свойств. Температурный диапазон взаимодействия FeSiZr с расплавом составляет 1105-1540°C, FeSiMnZr 1105-1290 °C, при этом последний быстрее взаимодействует с расплавом и при более низких температурах, что объясняется различным видом связи циркония в модификаторах. В модификаторе FeSiMnZr цирконий всегда связан с марганцем в виде Mn₂Zr, в то время как в FeSiZr в виде ZrSi₂, или в виде силицида (Fe,Zr)₅Si₃ для растворения которого требуется более высокая температура расплава. Кривые охлаждения серого чугуна, обработанного обоими модификаторами, показали, что модифицирование значительно снижает переохлаждение, необходимое для зарождения кристаллов. Выбор оптимального графитизирующего модификатора должен осуществляться в соответствии с используемым способом модифицирования применительно к конкретной технологии изготовления отливки.

Студент гр.304313 Карнаух В.В.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

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

Современные представления о механизме внешнего трения твердых тел базируются на двух основных процессах - эволюции дислокационной структуры и кинетике массопереноса, которые определяют степень упрочнения, разупрочнения и поверхностного разрушения.

Среди многообразных видов износа на практике часто встречается абразивный и ударно-абразивный износ. Существуют две формы проявления абразивных процессов, отличающиеся характером взаимодействия частиц с поверхностью металла: пластическое деформирование поверхностных объемов, их окисление и последующее разрушение образующихся пленок и с преобладанием механического разрушения металла (внедрение абразивных частиц и разрушение поверхностных объемов металла со снятием микростружки или без отделения металла). Качественным признаком абразивного изнашивания является направленная шероховатость поверхности трения, совпадающая с направлением движения абразива. Основные закономерности процесса изнашивания определяются скоростью абразивных частиц, их концентрацией, углом атаки, температурой, механическими свойствами материалов образца и абразива.

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

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

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

Для достижения этой цели, необходимо формирование первичных структур со свойствами мало изменяющимися в процессе работы, либо дополнительное упрочнение поверхностных слоев за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменения состава в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур образующихся в результате работы. Изменяя в нужном направлении структурно-энергетическое состояние поверхностных слоев деталей, можно улучшать и стабилизировать физические, химические и другие параметры, оказывающие большое влияние на механизм разрушения при эксплуатации.

К числу основных направлений совершенствования существующих и создания новых методов обработки относятся: использование различных видов высокоэнергетических воздействий (энергии удара, низкочастотных и высокочастотных ультразвуковых колебаний и т.д.), а также комбинирование нескольких схем обработки с использованием различных видов энергии с более высокими и сверхвысокими параметрами. Для обеспечения заданных показателей качества деталей необходимо осуществлять целенаправленное управление ходом технологического процесса обработки, а именно, факторами, оказывающими доминирующее влияние на процесс формирования поверхностного слоя деталей.

Формирующиеся слои характеризуются структурными и фазовыми превращениями, величиной, знаком и глубиной распространения остаточных напряжений, плотностью линейных и концентрацией точечных дефектов, деформацией зерен и другими параметрами, определяющими их свойства.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что ударно-импульсная обработка характеризуется весьма высокими локальными температурами в зоне контакта и наличием больших градиентов температур в направлении нормали к обрабатываемой поверхности. В момент удара происходит сжатие соударяющихся тел, работа упругой и пластической деформации полностью переходит в теплоту. Температура, возникающая в очаге деформации, быстро распространяется вглубь металла. Термический цикл (нагрев-охлаждение) в очаге деформации длится десятые доли секунды, образующаяся теплота не успевает рассеиваться в окружающую среду, в результате чего на поверхности контакта генерируется высокая температура. На втором этапе удара, когда происходит упругое восстановление деформированных объемов, контактная температура резко снижается.

В момент удара в зоне контакта возникают временные сжимающие температурные напряжения, которые по мере удаления от поверхности уменьшаются и затем переходят в растягивающие. После удара при охлаждении очага деформации в поверхностном слое возникают остаточные растягивающие напряжения.

Глубина распространения пластической деформации, структурные, химические изменения в поверхностном слое тем больше, чем ниже предел текучести обрабатываемого материала. Максимальное упрочнение достигается у каждого материала при определенном давлении деформирующего элемента. У более мягких и пластичных - при меньшем, а у твердых и менее пластичных, при большем давлении. Наибольший прирост твердости имеют материалы со структурой мартенсита закалки, наименьшей - сорбитные структуры.

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

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

Высокая износостойкость нестабильно аустенитных сталей объясняется тем, что часть энергии внешнего воздействия расходуется не на разрушение поверхности, а на обеспечение фазового превращения в изнашиваемом слое. Мартенситное превращение в ходе износа позволяет снизить уровень напряжений в изнашиваемой поверхности, что позволяет затормозить процессы разрушения. По мере изнашивания поверхностного слоя в последующих слоях металла идут фазовые превращения, обеспечивающие постоянство свойств поверхностного слоя, поэтому износостойкий слой не срабатывается. Идет таким образом "самозалечивание" материала.

Целесообразность проведения предварительных упрочняющих обработок должна определяться исходя из реальных условий эксплуатации, температурно - силового режима, схемы напряженного состояния, динамичности нагружения.

УДК 669

Безграфитовая защитная краска для изготовления чугунных отливок в кокиль

Студент группы 104314 – Забавский В.О.

Научный руководитель – Скворцов В.А.

Консультант – аспирант Николайчик Ю.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из специальных способов изготовления отливок является литье в кокиль. Литью в кокиль принадлежит весьма важная роль в производстве машиностроительных заготовок. Возможности данного способа литья позволяют решать многие задачи повышения эффективности и качества продукции в сфере литейного производства. К несомненным преимуществам перед традиционными способами изготовления отливок можно отнести следующие: снижение расхода формовочных материалов за счет многократного использования литейных форм, рост производительности труда и снижение себестоимости отливок, улучшение качества отливок благодаря повышению точности и ускоренному охлаждению металла.

Однако при очевидных преимуществах изготовления отливок в кокиль существует ряд вопросов связанных со стойкостью металлических форм. Под стойкостью кокиля понимается его способность сохранять рабочие свойства. Стойкость определяется числом заливок, которое выдерживает кокиль до выхода из строя. Принято различать следующие виды разрушения кокилей: сквозные трещины (трещины первого рода), ориентированные трещины (второго рода), сетка разгара (трещины третьего рода), размыв рабочей поверхности и приваривание к ней металла отливки, коробление и механическое повреждение.

Такие виды дефектов кокиля вызваны напряженно-деформированными условиями эксплуатации кокиля (растягивающие и сжимающие термические напряжения, пластические деформации). Предупредить указанные виды разрушения кокиля можно изменением направления течения металла, рассредоточением и чередованием мест подвода металла, изменением скорости течения металла и применением эрозионно-стойких теплоизоляционных защитных кокильных красок.

Современная кокильная краска должна быть экологически безопасной, удобной в работе и обладать следующими свойствами:

- высокая адгезия к поверхности кокиля, в т.ч. к подвижным частям;
- легкое распыление противопригарной краски;
- равномерность по толщине слоя нанесенной краски;
- образовывать стекловидный слой при нанесении на поверхность кокиля;
- химическая инертность к расплаву;
- не смачиваться расплавом;
- обеспечивать формирование отливок с равномерной структурой поверхности;
- обеспечивать высший уровень точности размеров;
- обеспечивать легкое удаление отливки из кокиля и д.р.

Целью настоящей работы являлась разработка безграфитовой защитной краски для изготовления чугунных отливок в кокиль.

При разработке такой краски были опробованы различные составы лаков, основу которых составляли водные композиции неорганических связующих (высокомолекулярное жидкое стекло (ЖС), алюмоборфосфатные (АБФТ) и алюмохрофосфатные (АХФТ)) связки. Лучшие результаты были получены при использовании АХФТ. В качестве активной составляющей защитного покрытия, в значительной степени определяющей эффективность его действия, использовался дистен-силлиманитовый концентрат порошкообразный (КДСП).

Разработанная кокильная краска защищает поверхности кокиля от химического и термического взаимодействия с жидким металлом за счет исключения контакта расплава с материалом формы, обеспечивает вентиляцию литейной формы за счет высокой газопроницаемости; гарантирует мягкий съем и хорошее извлечение отливок из формы за счет сдвиговых деформаций в слое краски; обеспечивает уменьшение затрудненной усадки отливки при остывании за счет податливости краски. Защитная краска на поверхность кокиля наносится в нескольких тонких слоях с временным интервалом между слоями. Для нанесения защитной краски должен использоваться воздушный распылитель. Минимальная толщина покрытия, составляет 0,1 мм.

Натурные испытания разработанной защитной кокильной краски подтвердили ее эффективность и надежность при кокильном литье отливок из чугуна.

УДК 669

Противопригарная краска для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов

Студент группы 104314 – Ганак А.П.

Научный руководитель – Скворцов В.А.

Консультант – аспирант Николайчик Ю.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Борьба с пригаром продолжает оставаться важнейшей задачей литейщиков. Операции по обрубке и очистке могут достигать до 30 – 35% общей трудоемкости изготовления отливок. Очистка отливок от пригара является операцией, вредной для здоровья работающих и плохо поддающейся автоматизации. Наиболее действенным и перспективным решением проблем борьбы с пригаром является применение противопригарных покрытий. В настоящее время большинство противопригарных покрытий импортируется на рынок Беларуси. Однако даже при высокой цене поставки по различным причинам они зачастую не обеспечивают необходимую чистоту поверхности отливок. Поэтому разработка и оптимизация составов противопригарных покрытий с учетом особенностей и условий производства отливок актуальная задача и требует конкретных решений.

По П.П.Бергу, под покрытиями следует понимать слои, наносимые на поверхность формы или стержня, придающие поверхности отливок заданные свойства. В состав противопригарных покрытий входят следующие основные ингредиенты: огнеупорный наполнитель, связующее, стабилизатор, которые равномерно распределены в дисперсной среде (растворителе). Кроме того, покрытия в своем составе содержат вспомогательные добавки, обеспечивающие получение систем с заданными технологическими свойствами (например, разжижители, смачиватели, антисептики). Основными показателями пригодности противопригарных покрытий является их способность предотвращать образование пригара на отливках. Вместе с тем, покрытия, представляющие собой в исходном состоянии суспензии, должны обладать

высокой седиментационной устойчивостью, хорошей кроющей способностью, после отверждения иметь достаточную прочность при нормальной температуре, сохраняя сплошность слоя до заливки, тем самым защищая форму и стержень от механических повреждений. Так же нужно отметить, что при заливке формы расплавом на границе раздела металл – форма протекает комплекс сложных физико-химических процессов, приводящих к возникновению напряжений и деформаций в защитном слое. Поэтому противопопригарные покрытия должны обладать способностью противостоять разрушающим температурным напряжениям термоударного характера в момент заливки, противостоять без разрушения длительному воздействию высоких температур, быть химически инертными к расплаву.

На основе изложенных выше положений была выполнена разработка состава противопопригарной краски и для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов. При разработке противопопригарной краски были опробованы различные составы лаков, основу которых составляли водно-спиртовые композиции полиакриламидов (ПАА), поливинилбутиралей (ПВБ) и поливинилацетатов (ПВА). Лучшие результаты были получены при использовании поливинилацетатной дисперсии. В качестве дисперсной среды противопопригарной краски использовали водно-спиртовую композицию головной фракции этилового спирта (ЭАФ).

Нужно отметить, что благодаря введению в состав противопопригарной краски органического растворителя снижается поверхностное натяжение, тем самым увеличивается смачивающая и проникающая способность краски, а так же интенсифицируется процесс отверждения. Противопопригарная краска, в составе связующей композиции которой лежит ПВАД, обладает высокой прочностью, как при нормальной температуре, так и после термического удара. В качестве стабилизатора в разработанном составе противопопригарного покрытия использовали органический высокомолекулярный полимер «Акронал».

Основным назначением разработанного противопопригарного покрытия является его использование в качестве противопопригарной краски для получения отливок из стали и чугунов. Разработанная противопопригарная краска прошла успешные производственные испытания на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод».

УДК 621.74

Выбор оборудования для реконструкции плавильного и формовочного участков чугунолитейного цеха среднего литья РУП ГЛЗ «Центролит».

Студент гр. 104314 Мартынов В.В.

Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.

Белорусский Национальный технический университет, г. Минск
РУП ГЛЗ «Центролит», г. Гомель

1. Определение целей маркетинговых исследований

Для реконструкции плавильного и формовочного участков РУП ГЛЗ «Центролит» были проведены маркетинговые исследования мирового рынка плавильного и формовочного оборудования. Целью маркетинговых исследований в данном случае являлся поиск современного, экономичного и высокопроизводительного оборудования по источникам информации, представленных в схеме 1 (рисунок).

При этом были выполнены следующие этапы:

- Выявление проблем и формулирование целей исследования;
- Отбор источников информации;
- Сбор информации;
- Анализ собранной информации;
- Представление полученных результатов.

Были определены следующие цели данного исследования:

- 1) определение существующих производителей формовочного, стержневого и плавильного оборудования;
- 2) анализ цены и возможностей предлагаемого оборудования;
- 3) определение соответствия выбранного оборудования условиям, необходимым для производства продукции.

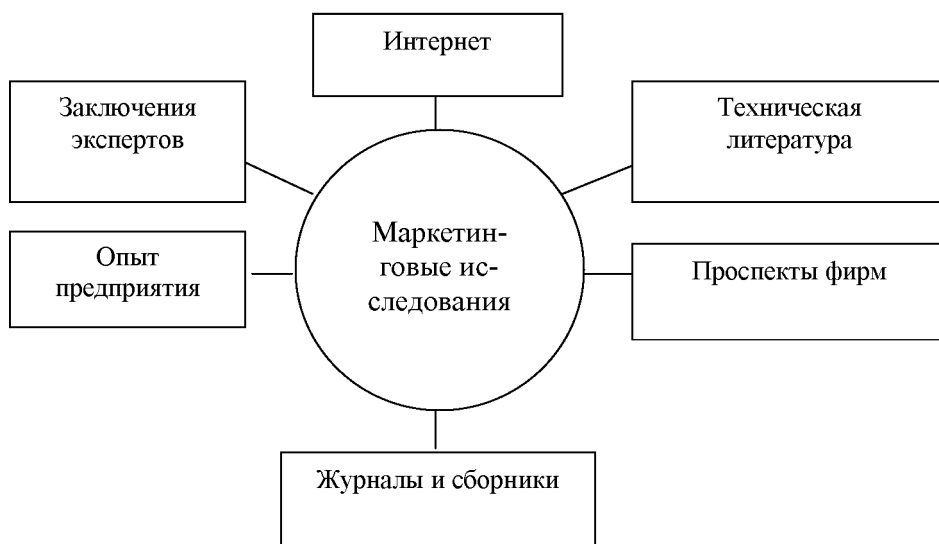


Рисунок – Отбор источников информации и сбор информации

2. Маркетинговые исследования рынка формовочного оборудования.

В настоящий момент в реконструированном цехе среднего литья установлены 6 формовочных встряхивающих машин 234 и 235 м. Они являются фактически изношенными и морально устаревшими.

В ходе маркетингового исследования, была выбрана новая технология изготовления форм и стержней из холодно-твердеющих смесей на смоляных связующих (ХТС-процесс). Для организации нового производства было выбрано оборудование английской компании “Omega Foundry Machinery Ltd.”

Применение ХТС позволит уменьшить в 3-4 раза количество формовочных смесей, уйти от организации смесеприготовительного отделения, резко снизить объем внутрицеховых транспортных операций. Перемещение сухого песка и отработанной смеси пневмотранспортом по трубам диаметром 50...150 мм позволит отказаться от громоздких ленточных транспортеров, эстакад, подземных траншей и полностью исключить пыление при транспортировке.

ХТС по сравнению с традиционными песчано-глинистыми смесями имеют следующие технологические преимущества:

- применение для изготовления форм и стержней единых компонентов (песок, смола, катализатор);
- приготовление смеси и подача ее в опоки (стержневые ящики) совмещены в одном агрегате - смесителе;
- высокая точность стержней и форм, возможность ухода от пригара;
- отсутствуют дефекты отливок, связанные с размывом и обрушениями форм, а также уменьшается количество газовых раковин;
- появляется возможность получать отливки 7 класса точности по ГОСТ 26645-85; снижается расход металла и объем механообработки;
- стержни легко удаляются из внутренних полостей отливки, так как смола под воздействием температуры залитого металла выгорает и стержень рассыпается;
- появляется возможность отказа от опочной оснастки, а также экономии площадей и средств механизации;
- быстрая смена оснастки и, как следствие, гибкость при изготовлении многономенклатурной продукции, особенно при мелкосерийном и серийном производстве;
- снижение расхода формовочной смеси относительно тонны литья. Расход смеси при ХТС 2...4 тонны на 1 тонну годного литья. Средняя норма расхода при ПГС 8...10 тонн;
- возможность регенерации формовочной песка из отработанных смесей и использование 90...95% регенерата.

3. Маркетинговые исследования рынка плавильного оборудования.

Для реконструкции чугунолитейного цеха РУП ГЛЗ «Центролит» необходимы агрегаты для плавки черных сплавов, позволяющие снизить существующие расходы топлива и энергии, снизить расходы по содержанию и эксплуатации, позволяющие максимально снизить трудоёмкость изготовления расплавленного чугуна.

В результате маркетинговых исследований мирового рынка плавильного оборудования, которое отвечало необходимым требованиям, были проанализированы предложения фирм различных стран. Были рассмотрены индукционные тигельные печи фирмы АВР (Швеция), индукционные тигельные печи фирмы EGES (Великобритания) и индукционные тигельные печи фирмы Индуктор (Россия).

Анализ плавильного оборудования различных производителей показал, что наиболее целесообразным и рациональным является приобретение печей фирмы АВР. Печи фирмы АВР имеют оптимальную конструкцию, оснащены современными системами автоматического управления, которые минимизируют потребление электрической энергии и повышают безопасность эксплуатации.

УДК 621.9

Анализ современных способов освежения отработанной формовочной смеси

Студент гр. Л-41 Лепихов А.Ю.

Научный руководитель – Карпенко В.М.

Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

г. Гомель

Ввод свежих добавок необходим для компенсации потерь в смеси, возникающих в процессе производственного цикла. Для расчета освежения используются различные таблицы, номограммы, программы.

Существующий в большинстве литейных цехов способ приготовления формовочной смеси на основании следования инструкции неэффективен. Поскольку при применении постоянного, усредненного освежения бентонитом или любым другим компонентом, например углем, стабилизировать состав и свойства готовой формовочной смеси на постоянном уровне при многономенклатурном производстве невозможно.

На Московском автомобильном заводе им. И.А. Лихачева предложен способ управления составом формовочной смеси на основании ожидаемого его изменения в зависимости от соотношения «смесь/металл», массы стержней в отливке и их остатков, попадающих в смесь при выбивке, размеров потерь смеси с отливками, интенсивности вентиляции и свойств используемых материалов.

Недостаток способа:

- точно рассчитать значение коэффициента теплораспределения достаточно сложно;
- сложно определить суммарные потери смеси, так как они неодинаковы для различных отливок и зависят от их геометрии, используемого формовочного и смесеприготовительного оборудования, системы выбивки и свойств формовочной смеси, существенно повышаясь при увеличении в ней бентонита и влаги;
- не учитывается взаимное влияние компонентов. Так, на термостойкость бентонита оказывает влияние наличие в формовочной смеси органических добавок.

Автор Левелинк Х.Г. предложил метод определения необходимого содержания основных компонентов смеси при различном соотношении «металл/смесь» с помощью диаграмм. Диаграммы строятся для смесей с одинаковой прочностью, величина которой выбирается, исходя из производственных требований.

Недостаток способа:

- не учитывает требуемое содержание в смеси активного бентонита;
- позволяет производить освежение только по бентониту и песку, и не позволяет производить освежение по другим компонентам.

На АО Литформ разработан метод освежения формовочных смесей на основе оптимизации переходных процессов. В связи с большой инерционностью системы, переход формовочной смеси из текущего состояния в технологически необходимое, даже в узких границах технологического допуска, не всегда можно осуществить в течение одного оборота. Для этого переходный процесс разбивается на два этапа: на I - обеспечивается быстрый переход смеси к требуемому состоянию, принимая увеличенные промежуточные значения требуемого содержания общей глины и активной, и, следовательно, ускоренный режим освежения, а на II этапе - стабилизируется состав формовочной смеси на достигнутом уровне, используя требуемый режим освежения.

Недостаток способа:

- рассматривается только методика выхода в равновесное состояние и не учитывается ряд возмущающих факторов (технологические характеристики вентиляционных установок, потери смеси с отливками и общее удаление смеси из смесеприготовительной системы, взаимное влияние компонентов и др.);
- не описана методика каким образом выбирать увеличенные промежуточные значения освежения для достижения требуемого состояния;
- тяжело осуществить при больших объемах смеси.

Научно-исследовательский институт автотракторных материалов разработал способ определения доз освежения оборотных формовочных смесей, преимущественно бентонитом и углеродсодержащими добавками, в котором вычисляют дозу освежения с учетом теплотехнических коэффициентов, полученных при моделировании термического воздействия на формовочную и стержневую смеси. Способ определения доз освежения оборотных формовочных смесей включает изготовление литейной формы-пробы со

стержнем и заливку. Далее осуществляется выявление в отработанной смеси невыгоревшей части компонентов смеси и вычисление дозы освежающих компонентов для восстановления состава оборотных формовочных смесей по формуле.

Недостаток способа:

- зависимость потерь активных компонентов от тепловых параметров выражается косвенно эмпирическими коэффициентами, поэтому полученные результаты пригодны только для конкретных изученных условий производства отливок.

Известен способ регулирования состава формовочной смеси согласно которому, контролируют расход шламовой смеси и изменяют расход добавок прямо пропорционально расходу шламовой смеси.

Недостаток способа:

- тяжело рассчитать дозы компонентов в шламовой смеси;
- не учитывает уход формовочной смеси, пригоревшей к отливкам, унос пылевидных фракций при работе вытяжной вентиляции на технологических и транспортных операциях;
- не учитывает выгорание и разрушение компонентов под воздействием высоких температур при заливке и остывании отливок.

На Нижнетагильском филиале УПИ предложен способ прогнозирования изменений свойств оборотной смеси, определяя коллоидальность связующего.

Недостаток способа:

- не учитывает, что часть активного бентонита уходит со смесью, пригоревшей к отливкам, при выбивке, с вентиляцией;
- данный способ учитывает только количество бентонита, переходящего в неактивное состояние после заливки и не учитывает количество других добавок выгоревших или перешедших в неактивное состояние.

Исходя из анализа существующих методов освежения отработанной формовочной смеси, можно сделать следующие выводы.

Превентивный способ освежения формовочной смеси сам по себе не гарантирует высокой степени стабилизации ее состава и свойств. Основная сложность при использовании этого метода — определение момента, когда в смеситель поступит именно та отработанная смесь, для которой рассчитывали освежение.

Использование способа регулирования состава формовочной смеси обеспечивает следующие преимущества:

- возможность снижения и ликвидации брака литья по вине формовочной смеси за счет обеспечения ее требуемого вещественного состава, а, следовательно, и свойств;
- повышение производительности смесеприготовительного оборудования за счет возможности введения сразу всех компонентов в смеситель, так как все дозы заранее известны;
- снижение расхода свежих дорогостоящих технологических добавок за счет их рационального использования.

УДК 621.74

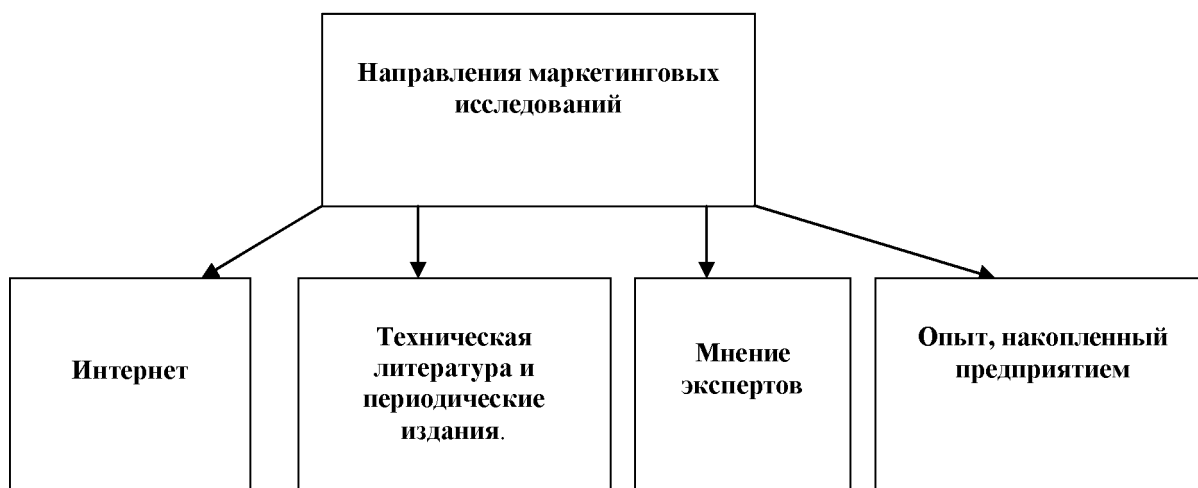
Выбор оборудования для реконструкции плавильного и формовочного участков чугунолитейного цеха мелкого литья РУП ГЛЗ «Центролит»

Студенты гр.104314 Пунько С.Е., Пархимович В.М.
Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
РУП ГЛЗ «Центролит», г. Гомель

1. Определение целей исследования.

Были произведены маркетинговые исследования рынка плавильного и формовочного оборудования. Цель исследований – поисковая, т.е. поиск оборудования и основных его характеристик для реконструкции чугунолитейного цеха РУП ГЛЗ «Центролит». Изучение рынка оборудования показало, что на рынке присутствует много оборудования иностранных и отечественных производителей, предлагающих достаточно большое количество оборудования с сходными характеристиками.

Маркетинговые исследования проводили в соответствии со схемой:



Цели данного исследования:

- 1) определение существующих производителей формовочного, стержневого и плавильного оборудования;
- 2) анализ цены и возможностей предлагаемого оборудования;
- 3) определение соответствия выбранного оборудования условиям, необходимым для производства продукции.

2. Маркетинговые исследования рынка плавильного оборудования

Для реконструкции чугунолитейного цеха РУП ГЛЗ «Центролит» необходимы агрегаты для плавки черных сплавов, позволяющие снизить существующие расходы топлива и энергии, уменьшить расходы по содержанию и эксплуатации, а также позволяющие максимально снизить трудоёмкость изготовления расплавленного чугуна.

В ходе маркетингового исследования было проанализировано оборудование фирм дальнего и ближнего зарубежья, в той или иной степени отвечающее данным требованиям. В частности рассмотрены: индукционные тигельные печи фирмы Индуктор (Россия), индукционные тигельные печи фирмы UNCER и индукционные тигельные печи фирмы EGES (Великобритания).

Анализ плавильного оборудования различных производителей показал, что наиболее целесообразным и рациональным является приобретение индукционных печей фирмы EGES. Технические показатели печей фирмы EGES выше, чем у конкурентов. Печи EGES более производительны и экономны, что позволит снизить себестоимость продукции.

3. Маркетинговые исследования рынка формовочного оборудования

По состоянию на сегодняшний день в реконструируемом цехе установлены 3 автоматические линии: ФДК (Швейцария), автоматическая линия импульсной формовки (АЛИФ) и автоматическая линия безопасной формовки с горизонтальной плоскостью разёма Форматик, которые являются фактически изношенными и морально устаревшими.

В ходе маркетингового исследования мирового рынка было проанализировано и выбрано оборудование, подходящее для реконструкции чугунолитейного цеха.

Так, например, автоматическую линию Форматик целесообразно заменить на автоматическую безопасную формовочную линию FBO фирмы «Генрих Вагнер Синто» («HWS»), на которой можно изготавливать точные формы с применением песчано-глинистых формовочных смесей. Линия оснащена автоматическим механизмом контроля давления устройства подачи и прессования смеси, обеспечивает равномерное уплотнение смеси и гарантирует качественное изготовление сложных отливок с глубокими карманами и малой толщиной стенок. Данная линия обладает следующими преимуществами:

1. Работает на обычной формовочной смеси с любым бентонитом без специальных требований.
2. Компактна: 3185x3830 мм (форма 600x500), 4542x5770 мм (форма 900x700).
3. Выдаёт форму в сборе со стержнями, готовую к заливке.
4. Монтаж без фундамента: напольный вариант.
5. Горизонтальная форма существенно расширяет номенклатуру отливок.
6. Простота простановки любых стержней в горизонтальную форму.
7. Низкие начальные инвестиции.
8. Пескодудное заполнение и гидравлическое встречное прессование дают возможность производить тонкостенные отливки с глубокими карманами.
9. Высокая производительность, идеально точная форма (никакого «расширения» формы), более чистые отливки.
10. Возможность регулировать высоту верхней и нижней полуформ (минимальный расход смеси).
11. Быстрая смена модельной оснастки. Нет никаких болтовых соединений, простая установка модельной плиты с автоматической фиксацией.

12. Нижняя половина формы доступна оператору во время рабочего цикла машины для быстрой, безопасной и лёгкой установки стержней.

13. Лёгкость в настройке и управлении.

14. Минимальное время на обучения операторов.

Автоматическую линию импульсной формовки (АЛИФ) и линию ФДК (Швейцария) целесообразно заменить на автоматическую формовочную линию фирмы «Генрих Вагнер Синто» («HWS») по Сейатсу-процессу с применением единой формовочной смеси.

Достоинства способа уплотнения песчано-глинистых форм методом Сейатсу:

1. Равномерно высокая твердость формы.
2. Возможность формовки сложных контуров моделей и крайних болванов
3. Уменьшение формовочного уклона.
4. Возможность более плотного расположение моделей на подмодельной плите.
5. Уменьшение затрат на очистку и окончательную обработку отливок.
6. Низкий уровень шума при работе линии.
7. Незначительный износ моделей.

Компактное расположение полного цикла производства, полный автоматизированный контроль процесса способствуют получению отливок стабильно высокого качества, снижению себестоимости продукции, уменьшению потерь на утилизацию формовочной смеси, обеспечению экологической безопасности производства.

УДК 669.252

Применение цирковых антифрикционных сплавов взамен бронз

Студенты гр. 104314 Пажитных Е.В., Пастухович С.В., Кобец Е.В.

Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В результате проведенных исследований разработан высокоалюминиевый цинковый сплав для литья в кокиль и разовые песчаные формы, имеющий по сравнению со сплавами типа ЦА10М5, ЦАЗОМ5 лучшие прочностные свойства при 100 °С и 150 °С, меньшие горячеломкость и усадку, большую стабильность размеров. Основные свойства сплава при литье в кокиль: прочность (σ_B) - 420 МПа, $\sigma_{0,2}$ - 360 МПа, относительное удлинение (δ) - 2 %, твердость (НВ) - 130, плотность (ρ) - 4850 кг/м³, интервал температур плавления 380—500 °С, усадка (ϵ) - 0,9%, горячеломкость 13 мм, стабильность размеров 0,2%.

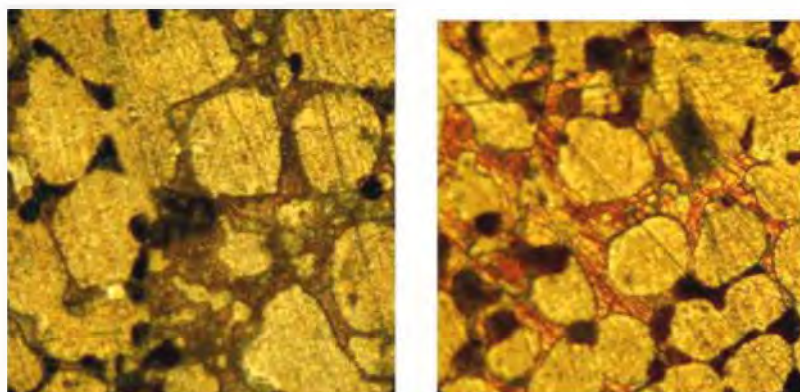
В качестве шихтовых материалов при плавке использовали стружку, получаемую при механической обработке отливок, лом карбюраторов, фурнитуру и другие низкокачественные отходы Минского предприятия «Вторресурсы» (шлак, всплески, облой и пр.). Переплавы осуществляли в тигельной печи электросопротивления (емкость тигля 300 кг; мощность 42 кВт, температура металла до 800°С). В качестве плавильной емкости использовали чугунный тигель толщиной 35 мм.

Стружку и низкокачественные отходы, применяемые для переплава, сортировали, не допуская попадания железа, свинца, олова, кадмия. Содержание влаги и масла ограничивали до 6%. Более высокое содержание остатков жидкости повышает газовыделение и снижает производительность плавки. Температура плавки стружки составляла 460—480 °С, для ускорения процесса ее повышали до 500—600°С. Перед разливкой температуру металла понижали до 460-500°С. Для отделения от жидкого металла шлаков и оксидов в качестве флюса использовали хлористый аммоний (0,2—0,4% металлозавалки).

При применении хлористого аммония, шлак, выделяющийся на поверхности сплава, был хлопьевидным, рассыпчатым, черного цвета, легко удалялся шумовкой. Для улучшения раскисления металла и отделения шлака рекомендуется периодически перемешивать металл с флюсом. Отходы и стружку для уменьшения содержания влаги подсушивали при 80—100°С (8—10 ч). Расплавленный металл заливали в изложницы и использовали в дальнейшем для приготовления антифрикционных сплавов требуемого химического состава.

Предложенная технология предусматривает изготовление, как монометаллических, так и биметаллических вкладышей. Для заливки биметаллического вкладыша стальную основу обезжиривали 10%-ным раствором едкого натрия и промывали в горячей воде. Затем стальное основание нагревали до 150 °С, все щели стэнда обмазывали глиняной замазкой и производили заливку при 440-450 °С. С целью увеличения срока службы вкладышей подшипников в процессе плавки непосредственно в расплав вводили антифрикционный наполнитель для создания эффекта самосмазывания. Самосмазывание - свойство пары трения образовать между валом и подшипником противозадирные смазочные слои за счет смазывающих веществ, помещенных в теле подшипника (вала). В процессе трения на ювенильную поверхность выходят отдельные объемы - микровключения смазочного материала, которые натирают смазочную пленку. Проявление эффекта самосмазывания у таких подшипников зависит от оптимального соотношения размеров пор, зазора, качественных характеристик жидкости и смазочных материалов - испаряемости,

термоокислительной стабильности. Микроструктуры исследуемых образцов сплавов с различным содержанием антифрикционного наполнителя представлены на рисунке. Оптимальное содержание антифрикционного наполнителя, установленное в результате трибологических испытаний, на машине трения составило 0,3-0,4 %.



0,1 %

0,4 %

Рисунок – Микроструктуры экспериментального сплава отлитого в песчаную форму с различным содержанием антифрикционного наполнителя. x 1000

К достоинствам разработанных антифрикционных сплавов на основе цинка следует отнести высокую технологичность при литье и обработке, хорошую прирабатываемость и невысокую (с учетом плотности примерно в 2 раза) себестоимость изготовления изделий, при механических свойствах, близких к свойствам бронзы ОЦС 5-5-5. Особенно важным также является возможность использования в технологическом процессе приготовления сплавов вторичных материалов: стружки цинковых сплавов, получаемой при механической обработке отливок, и низкокачественных отходов. Это позволяет реализовать безотходный принцип производства, сократить материальные затраты на изготовление новой продукции. Результаты предварительных промышленных испытаний показали, что по эксплуатационной стойкости вкладыши подшипников скольжения из цинковых антифрикционных сплавов не уступают бронзовым. Технология их изготовления внедряется в условиях РУТП «Ганцевичское» концерна «Белтопгаз».

УДК 669

К вопросу о распыливании металлических расплавов

Студент гр. 104324 Мишкевич М.Г.

Научный руководитель – Чичко А. Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Опубликованные теоретические и экспериментальные исследования посвящены распыливанию типично ньютоновских жидкостей (бензина, керосина, спирта и др.).

Имеющиеся немногочисленные исследования по распыливанию металлических жидкостей не описывают механизма процесса распада струи на дисперсные капли, а также формообразование, микростроение и размеры образующихся дисперсных твердых частиц.

Экспериментальное изучение механизма разрушения металлических расплавов значительно сложнее, чем типично ньютоновских жидкостей. Металлические жидкости можно рассматривать как ньютоновские до состояния, характеризуемого образованием центров кристаллизации и взвешенных кристаллов. Металлические жидкости, приближающиеся по температурам к линии ликвидуса, по своему состоянию близки к бингамовским жидкостям.

Изменение физических свойств с температурой, сопровождаемое изменением прочности, у металлических жидкостей проявляется в процессе разрушения значительно резче, чем у типично ньютоновских жидкостей. Прочность ньютоновских жидкостей выражается формулой:

$$\sigma_p = p_H - 44 \sqrt{\frac{G^3}{T}}$$

Однако расчетные значения прочности типично ньютоновских жидкостей в 5—6 раз выше экспериментальных. Температурная зависимость прочности этилового спирта, определенная экспериментально, характеризуется монотонным уменьшением прочности с повышением температуры и принимает нулевое значение вблизи критической температуры. Значительное несоответствие

теоретической прочности жидкости и экспериментально определенной, а также большой разброс данных измерений, объясняются специфичностью кинетики разрушения. Разрушение жидкостей всегда начинается в каком-либо одном, наиболее слабом месте, где имеются газовые пузырьки с неблагоприятной ориентацией. Однако независимо от характера ориентации пузырьков высокоперегретые металлические жидкости всегда разрушаются при меньших усилиях, чем низкоперегретые жидкости. Достаточно

При минимальных усилиях разрушаются металлические жидкости, перегреты до критических температур, однако современные плавильные агрегаты не позволяют перегревать до критических температур большинство металлических жидкостей, имеющих практическое применение.

Металлические жидкости с высокими критическими температурами практически возможно перегревать до состояния, характеризующего относительной стабильностью кинематической вязкости.

Такие высокоперегретые металлические жидкости, можно рассматривать как типично ньютоновские жидкости и, следовательно, в общем случае взаимодействие струи металлической жидкости с газовым потоком можно описать критериальным уравнением, аналогичным уравнению для распада струи типично ньютоновской жидкости:

$$\frac{\bar{a}}{D_0} = F(We, Lp, M, N),$$

где критерий Вебера, характеризующий отношение сил инерции и сил поверхностного натяжения:

$$We = \frac{c\rho_2 D_0}{\sigma};$$

критерий Лапласа, характеризующий отношение сил поверхностного натяжения и сил вязкости жидкости:

$$Lp = \frac{\eta_{ж}^2}{\sigma\rho_{ж} D_0};$$

критерий, характеризующий отношение плотности газа и жидкости:

$$M = \frac{\rho_{г} c^2}{\rho_{ж} c_1^2};$$

критерий, характеризующий отношение вязкости газа и жидкости:

$$N = \frac{\eta_{г}}{\eta_{ж}}.$$

Литература

Грацианов, Ю.А. Металлические порошки из расплавов / Ю.А. Грацианов, Б.Н. Путимцев, А.Ф. Силаев. – М.: Металлургия, 1970. – 245 с.

УДК 621.74.

Получение качественных массивных отливок из высокопрочного чугуна

Студент гр. 104324 Домаш А.В.

Научный руководитель – Матюшинец Т.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Высокопрочный чугун (ВЧ) – конструкционный материал для автомобилестроения.

Мировой опыт свидетельствует о резком изменении соотношения объемов выпуска отливок из ВЧ и КЧ в пользу ВЧ. За последние годы выпуск отливок из ВЧ в развитых странах увеличился с 5-10% до 23%, из КЧ – снизился и составил 3-8% от общего выпуска чугунных отливок.

Ковкий чугун имеет большую удельную плотность по сравнению с высокопрочным чугуном из-за низкого содержания углерода и кремния и, как следствие, меньшего количества графитных включений. КЧ = 7,2 – 7,5 кг/дм³, ВЧ = 7,1 – 7,2 кг/дм³

Способность конструкционных материалов нести наиболее высокие нагрузки при наименьших деформациях и массе оценивается обобщенным показателем:

$$\left(\sigma_{a,2} \frac{E}{\gamma^2} \right)$$

где $\sigma_{a,2}$ – условный предел текучести;
 E – модуль упругости;
 γ – удельная плотность материала.

Благодаря более низкой плотности и более высокой конструкционной прочности высокопрочного чугуна при переходе с КЧ на ВЧ можно снизить вес деталей до 15%.

Жидкотекучесть у высокопрочного чугуна более высокая чем у ковкого чугуна, что дает возможность при одинаковой конструкционной прочности деталей получить в отливке более тонкие стенки и снизить вес машины.

Основной технологической операцией, обеспечивающей формирование структуры высокопрочного чугуна с графитом шаровидной формы, является введение в жидкий металл сфероидизаторов – магния, редкоземельных металлов (РЗМ). Эффект «Супермодифицирования» используется при внутриформенном модифицировании чугуна.

Основной задачей модифицирования высокопрочного чугуна является достижение требуемой степени сфероидизации включений графита, а так же их графитизация.

При внутреформенной модификации происходит постепенное послойное растворение насыпанного слоя модификатора в реакционной камере.

Увеличение содержания Mg и Si, температуры заливки (Т, к), а также укрепление фракционного состава частиц (d_{max} , d_{min}) способствует линейной скорости растворения. Резкое тормозящее влияние оказывает Са и должен быть ограничен 1,5...2,0%.

Таким образом, при изготовлении отливок для машиностроения из чугуна более рационально использовать высокопрочный чугун (модифицированный).

УДК 669.141.25

Влияние Mn, Si, Al на структуру и свойства высокобористого материала.

Студент гр. 104324 Чирун Д. А.
 Научный руководитель – Невар Н.Ф.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Проблемы трения, износа и смазки в машинах изучает наука трибология. Современная наука трибология изучает трение, износ, смазку в процессе взаимодействия контактирующих поверхностей при их взаимном перемещении. Она охватывает теоретические и экспериментальные исследования физических, химических, биологических и др. явлений, связанных с трением.

Одной из важнейших проблем трибологии является проблема повышения износостойкости конструкционных материалов, составляющих трибосопряжения и узлы трения, именно поэтому наряду с улучшением антифрикционных характеристик, снижение износа относится к приоритетным инженерным задачам.

Трибология является одной из самых молодых наук. В ближайшее время следует ожидать, что современное представление по ряду проблем будут дополняться и корректироваться, например, из классической науки технологии машиностроения в последние годы сформировался раздел триботехнология, из дисциплин материаловедение и конструкционные материалы – трибоматериаловедение.

Одним из наиболее эффективных методов улучшения структуры, а, следовательно и свойств сплавов является их легирование и модифицирование. В работе исследовалось влияние таких элементов как Mn, Si, Al. В определенных количествах указанные элементы входят в состав различных сплавов

Для раскисления получаемых в данной работе высокобористых материалов применялись: силикомарганец, ферромарганец, ферросилиций, а также алюминий. Для установления характера влияния Mn, Si, Al на структуру и свойства высокобористого материала их введение осуществляли в количествах, обеспечивающих остаточное содержание их в сплаве до 1,2 %.

Исходя из экспериментальных данных были построены графики (рис.1) влияния Mn, Al, Si на твердость и ударную вязкость. Из графика видно что Mn начинает проявлять свое действие на свойства сплава при содержаниях его 0,4-0,6. В этом промежутке наблюдается рост значений твердости и ударной вязкости. При введение Si ударная вязкость образца снижается, при содержании его до 1%. Введение алюминия в качестве легирующего элемента приводит к существенным изменениям свойств и структуры. При низких количествах вводимого в сплав алюминия (до 0,3%) его влияние, как легирующего элемента перекрывается гораздо более сильным воздействием как раскислителя и дезазотизатора.

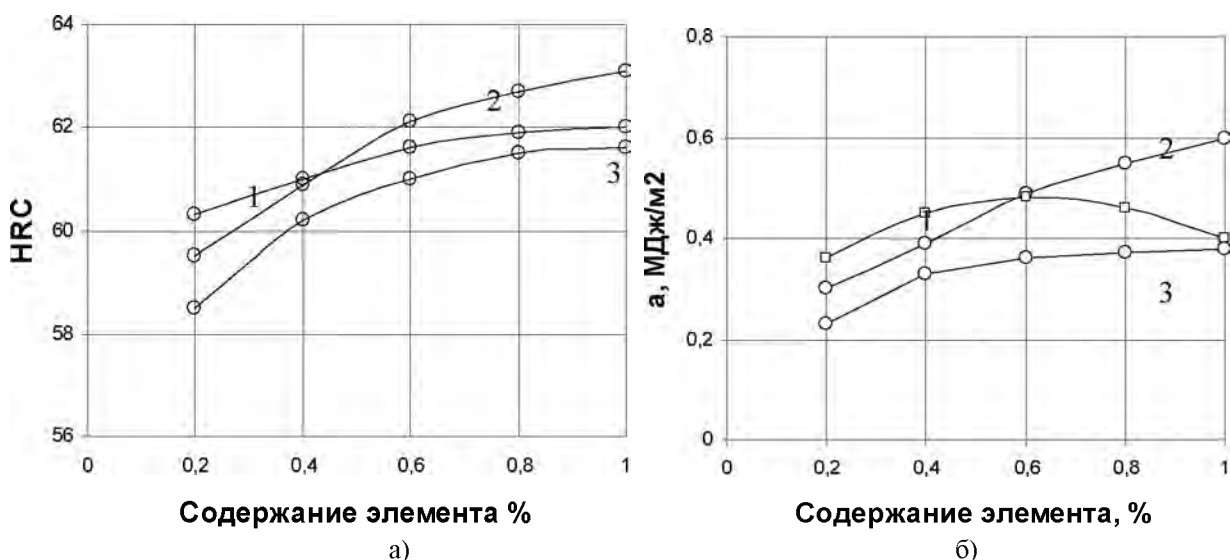


Рисунок 1 – Влияние легирующих добавок на твердость(а) и ударную вязкость (б) высокобористого сплава: 1 – Al, 2 – Si, 3 – Mn

Измельчение элементов структуры при введении алюминия сверх 0,3% от веса шихты связывают в первую очередь с образованием труднорастворимого нитрида алюминия, который, адсорбируясь на поверхности кристаллов, сдерживает их рост. Также положительное влияние алюминия, выражается в уменьшении дендритной ликвации и выравнивании состава материала. Как результат повышенная ударная вязкость образцов.

Результаты испытаний на износостойкость высокобористых материалов представлены на рис. 2. Исходя из графиков износ образцов высокобористых материалов, выплавленных с введением в их состав алюминия, марганца, кремния понижается при увеличении содержания данных легирующих элементов. Так, увеличение содержания кремния с 0,2 до 1,2% понижает износ сплава с 80 до 25 мг/мм.

Влияние марганца и алюминия носит тот же характер, хотя и менее существенно. Повышенное сопротивление истиранию сплавов, легированных кремнием, можно связать с дополнительным упрочнением α – твердого раствора.

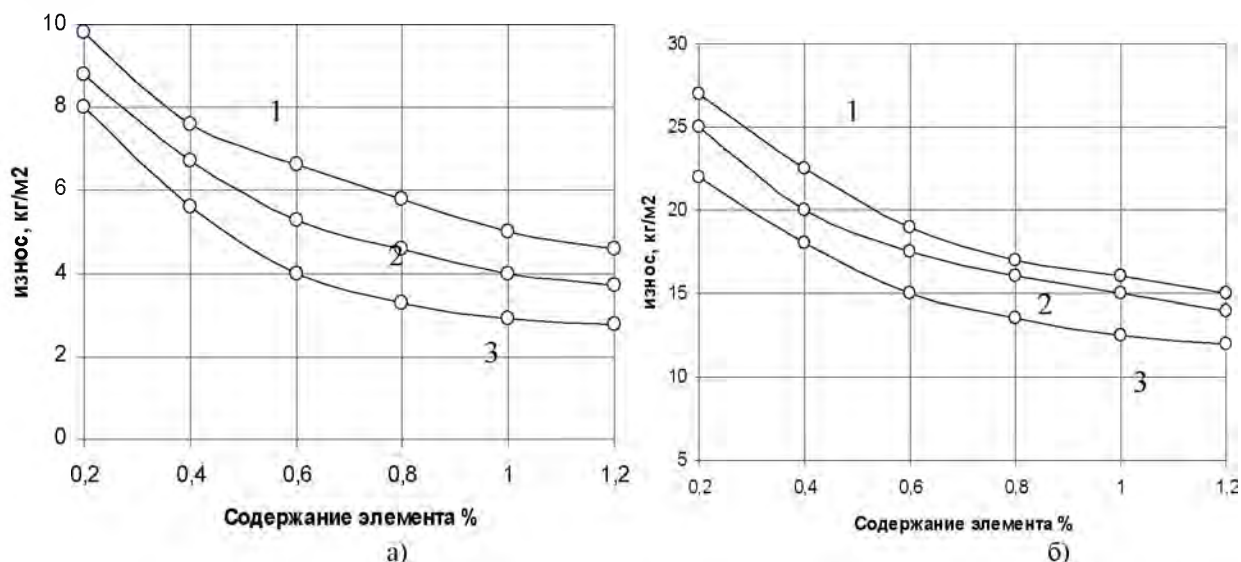


Рисунок 2 – Износостойкость высокобористого сплава в зависимости от вводимого элемента : 1 – Mn, 2 – Al, 3 – Si; а – контрольно – сталь 25ХГТ, б – контрольно – вулканит. Содержание бора в сплаве 3%.

Износостойкость высокобористых сплавов, испытанных в условиях трения в контакте с абразивным диском, представлены на рис. 2, б. Микроанализ поверхностей трения высокобористых сплавов, легированных Al, Si, Mn показывает, что в случае трения в паре металл-металл преобладает окислительный износ. Наиболее характерен данный вид износа для образцов из сплавов, легированных кремнием. В случае испытаний высокобористых сплавов в паре металл- абразив преобладающим видом является абразивный износ. Следует отметить, что в случае легирования кремнием (свыше 0,6) наряду с абразивным отмечается наличие окислительного. Данный характер износа связан со свойствами кремния как легирующего элемента.

Выводы:

В результате проведенного исследования следует что, легирование кремнием боросодержащего сплава значительно повышает его износостойкость. При этом стоимость полученного материала значительно ниже чем легированного сплава с такими же характеристиками. При этом введение в сплав марганца и алюминия улучшает структуру, а алюминий повышает свойства в комплексе.

Литература

1. Савицкий Е. М., Терехова В. Ф., Маркова И. А., и др. – Металловедение и термическая обработка металлов, 1982, №9, с. 42-49.
2. Куммин А. В. Ультразвук и диффузия в металлах в металлах. – М, Металлургия, 1978–207 с.
3. Невар Н.Ф. Свойства сплавов с повышенным содержанием бора //Литье и металлургия, №2, 2000 г С 15 - 17.
4. Меськин В.С. – Основы легирования стали. – М.: Металлургия, 1964. – 684с.
5. Браун М.П. – Микролигирование стали. – Киев: Наукова думка, 1982. – 303 с.

Машины и технология обработки металлов давлением

Влияние давления подпрессовки на процесс электрического спекания порошков

Студенты гр. 104415 Шапчиц Д.В., Бондаренко А.А.
Научный руководитель – Белявин К.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В теории холодного прессования металлических порошков показано, что их электросопротивление и другие физико-механические свойства в значительной степени определяются контактными явлениями между частицами. При приложении давления подпрессовки в контактах частиц возникают нормальная и тангенциальная нагрузки, приводящие к контактному сжатию, сдвигу и разрушению поверхностных слоев частиц. В результате происходит нарушение поверхностных адсорбционных слоев и оксидных пленок. В процессе приложения давления подпрессовки изменяются количество, размеры и качество контактов, приводящие к изменению удельного электросопротивления порошка. Его значение в значительной степени определяет кинетику последующего электрического спекания, а также повторяемость условий спекания и стабильность свойств получаемых изделий.

Кроме давления подпрессовки, определяющего начальное электросопротивление порошка и прикладываемого до пропускания электрического импульса, значительное влияние на формирование физико-механических свойств изделий оказывает величина последующего давления, прикладываемого к порошку после пропускания электрического импульса. В этом случае возможны три режима приложения этого давления:

- 1) давление равно нулю (после подпрессовки порошка подвижный верхний электрод-пуансон фиксируется с помощью упора);
- 2) давление равно давлению подпрессовки (в течение всего процесса электрического спекания порошок находится под давлением, равным давлению подпрессовки);
- 3) давление больше давления подпрессовки (в процессе электрического спекания с помощью ударнокоммутационного устройства давление увеличивается).

Результаты изменений и металлографические исследования показывают, что изменяя это давление, можно осуществлять регулирование свойств полученных изделий в широких пределах.

Применение первого режима приложения давления позволяет получать образцы с наибольшей пористостью, но небольшой прочностью. При втором режиме приложения

давления по сравнению с первым пористость образцов уменьшается, а прочность увеличивается. Этот режим является наиболее предпочтительным для получения пористых изделий, а также наиболее технологичным вследствие постоянства давления на всем протяжении процесса электрического спекания. Третий режим характерен при получении высокоплотных изделий, так как в этом случае под разогрева металл на короткое время становится пластичным и легко деформируется, заполняя межчастичное пространство. Особенности применения этого режима электрического спекания не рассматриваются, так как он характерен для получения высокоплотных изделий. Учитывая выше сказанное, все проведенные эксперименты осуществлялись при втором режиме приложения давления.

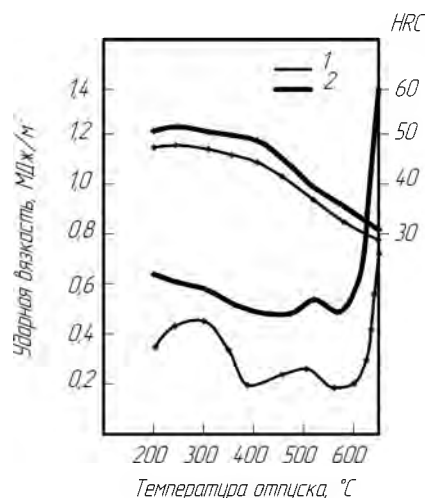
Разработка технологии изготовления и исследование механических свойств лапы стрелчатой

Студенты гр. 104415 Аношко Н.В., Батовский Е.Н.
Научный руководитель – Давидович Л.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Лапа стрелчатая является рабочим органом сельскохозяйственной техники, предназначенной для глубокой обработки почвы. Она подвергается интенсивному абразивному износу и ударным нагрузкам, поэтому материал лапы стрелчатой должен обладать высокой твердостью и ударной вязкостью.

Разработанная технология основана на процессах ОМД с применением индукционного нагрева заготовок из стали 30ХГСА. На первой стадии производится вырубка контура заготовки и пробивка прямоугольных отверстий в штампе. Затем заготовку нагревают до 1000-1100°C, поочередно прокатывают лезвия и производят гибку монтажной части, после чего изделие немедленно охлаждают, реализуя, тем самым режим термопластической обработки. В результате сталь упрочняется не только за счет мартенситного превращения, но и за счет дополнительного упрочнения, которое обеспечивают дефекты строения, унаследованные мартенситом от деформированного аустенита. Таким образом, обеспечиваются наиболее высокие показатели прочности металла и его ударной вязкости.

Отпуск после закалки деформированного металла, в зависимости от его температуры, в значительной степени влияет на показатели ударной вязкости при некотором снижении прочности металла. На рисунке представлена зависимость твердости и ударной вязкости от температуры отпуска для стали 30ХГСА после обычной закалки в масле с 900°С (1) и закалки в масле после горячей деформации (2) при 1000°С.



Как видно из графиков наиболее предпочтительным является режим отпуска 200-250°С, когда при твердости 50-52HRC достигается ударная вязкость 0,6 МДж/м². Дальнейшее повышение температуры приводит к снижению твердости - менее 40 HRC, что для почвообрабатывающих инструментов недопустимо.

УДК 631.7/9.016

Особенности технологии получения пластическим деформированием режущих граней ножей ротационных косилок

Студенты гр. 104425 Белявская В.Н., гр. 104415 Жоховец Е.И.
 Научный руководитель – Иваницкий Д.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Режущие ножи являются основным элементом зерно- и кормоуборочной техники. Поскольку они являются самыми быстроизнашивающимися деталями, влияющими на надежность работы, обеспечение косилок режущими аппаратами высокого качества является одной из актуальных проблем. Основным режущим элементом ротационной косилки являются ножи, представляющие собой пластины прямоугольного сечения из стали 60С2 толщиной 4мм и размером 45х106 и 42х116мм (рис.1) с режущими лезвиями на боковых сторонах [1].

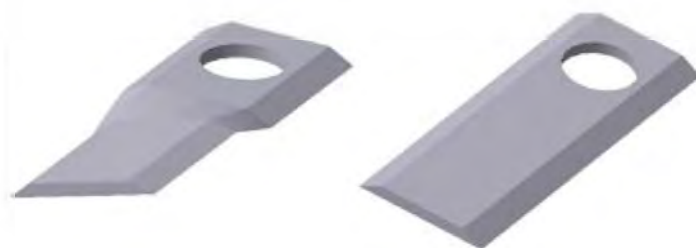


Рисунок – Внешний вид режущих ножей

На основании результатов теоретических исследований была разработана конструкция режущего ножа. При угле наклона режущих лезвий к направлению движения сегмента $\varphi = 20^{\circ}-45^{\circ}$ выполняется условие врезания, а также происходит наибольшее заострение кромки.

При теоретическом анализе формообразование наклонных боковых граней в листовом материале будем рассматривать как процесс заполнения конической впадины деформирующего инструмента металлом. Приближенная схема решения основана на усреднении напряжений в сечениях деформируемого листа и принятии упрощенного уравнения пластичности [2]. При штамповке кромка заготовки поворачивается относительно нижней плиты, занимая положение, при котором очаг деформации становится симметричным (рис.2). В силу этого оси координат будут повернуты относительно первоначального положения на угол $\varphi_1 = \varphi/2 + (\varphi - (\varphi/2))/2 = 3\varphi/4$. Выделим в очаге деформации бесконечно малый элемент единичной ширины длиной dx , удаленный от начала координат на расстояние x . Составим уравнение равновесия этого элемента

$$-(\sigma_x + d\sigma_x)(h_x + dh_x) + \sigma_x h_x + 2p_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \sin(\varphi_1) - 2fp_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \cos(\varphi_1) = 0.$$

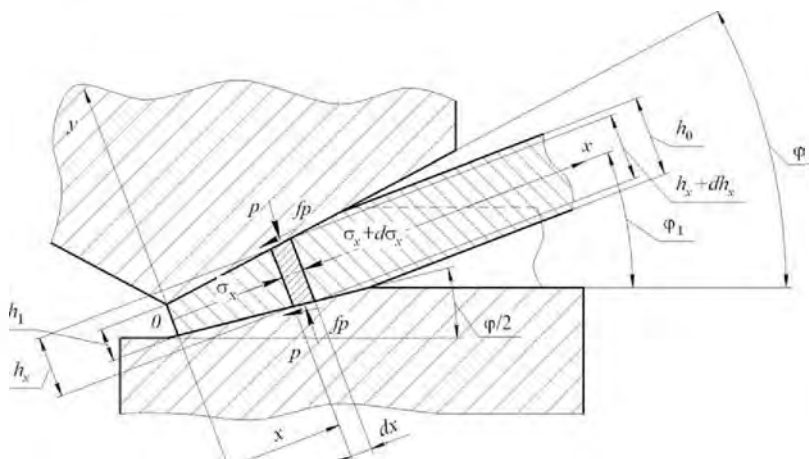


Рисунок 2 – Схема формообразования при штамповке заготовки

Будем считать деформацию в зоне затекания металла в зазор двумерной, поскольку вытяжка вдоль листа практически отсутствует. Далее принимаем, что главные оси напряжений в рассматриваемом элементе соответствуют вертикальным и горизонтальным осям. Тогда можно записать условие пластичности

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta\sigma_T, \quad (1)$$

Введем обозначение $\delta = f/tg(3\varphi/4)$ и произведем преобразования

$$p_y = \delta/\beta\sigma_T \left[(\delta - 1)(h_0/h_x)^\delta + 1 \right]$$

(2)

Анализ уравнения показывает, что с уменьшением h_x напряжение p_y возрастает.

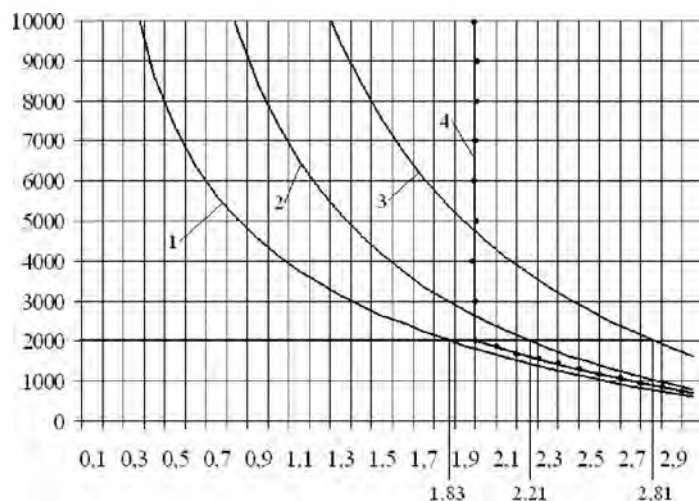
Для определения усилия деформирования, приходящегося на единицу длины очага деформации в произвольном сечении очага деформации, выражение (2) необходимо проинтегрировать в пределах изменения самой функции

$$P_{\text{ед}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta\sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh = \beta\sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\}, \quad (3)$$

Для определения полного усилия деформирования умножим выражение (3) на длину очага деформации l

$$P_{\text{п}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta\sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh \cdot l = \beta\sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\} \cdot l. \quad (4)$$

$P_{\text{п}}, \text{кН}$



$h_1, \text{мм}$

Рисунок 3 – График зависимости полного усилия $P_{\text{полн}}$ от толщины кромки h_1 при разных δ (1 – теоретическая ($\delta < 1, f = 0,25$); 2 – теоретическая ($\delta = 1, f = 0,4$); 3 – теоретическая ($\delta > 1, f = 0,45$); 4 – экспериментальная)

На основе формулы (4) были проведены теоретические расчеты, а на основе экспериментальных исследований процесса формообразования граней получены опытные данные. По результатам исследований построены зависимости полного усилия штамповки от толщины кромки (рис.3) при следующих значениях параметров: исходная толщина прямоугольной пластины $h_0 = 4\text{мм}$; угол наклона деформирующей части инструмента к горизонтальной плоскости $\varphi = 28^\circ$; длина режущей грани ножа $l = 106\text{мм}$; коэффициент контактного трения «сталь по стали»

$f = 0,25; 0,4; 0,45$ [3]; параметр Лодэ $\beta = 1,15$ [3].

Экспериментальные исследования проводили на заготовках толщиной 4 мм на лабораторном гидравлическом прессе П-200 усилием 2000 кН.

Формообразование режущих лезвий ножей ротационных косилок пластическим деформированием повышает их стойкость в

1,5-2 раза за счет наличия заусенца, который исключает при термообработке интенсивное окисление и

обезуглероживание режущих лезвий. Это обеспечивает возможность выполнения 3-х-4-х кратной переточки ножей, что исключено при их фрезеровании. Данные преимущества обеспечат экономию дорогостоящей стали 60С2.

УДК 621.73.043.073

Горячая безоблойная штамповка поковок сложной формы в штампах с разъемными матрицами

Студенты гр. 104425 Замотин Г.Н., Кабальников С.С., Круговец И.В.
 Научный руководитель – Карпицкий В.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является разработка и внедрение в производстве процессов безоблойной штамповки поковок в штампах специальной конструкции, позволяющих значительно уменьшить припуски и напуски, максимально приблизить форму и размеры поковок к форме и размерам готовых изделий, избежать отходов металла на облой и сократить расход металлопроката в зависимости от сложности и конфигурации деталей от 5% до 35% и более. При этом используется кузнечно-штамповочное оборудование меньшей мощности и тем самым снижается себестоимость изготовления поковок на 10-15%.

Для горячей безоблойной штамповки поковок типа крестовин разработан штамповый пакет, конструкция которого представлена на рис. 1.

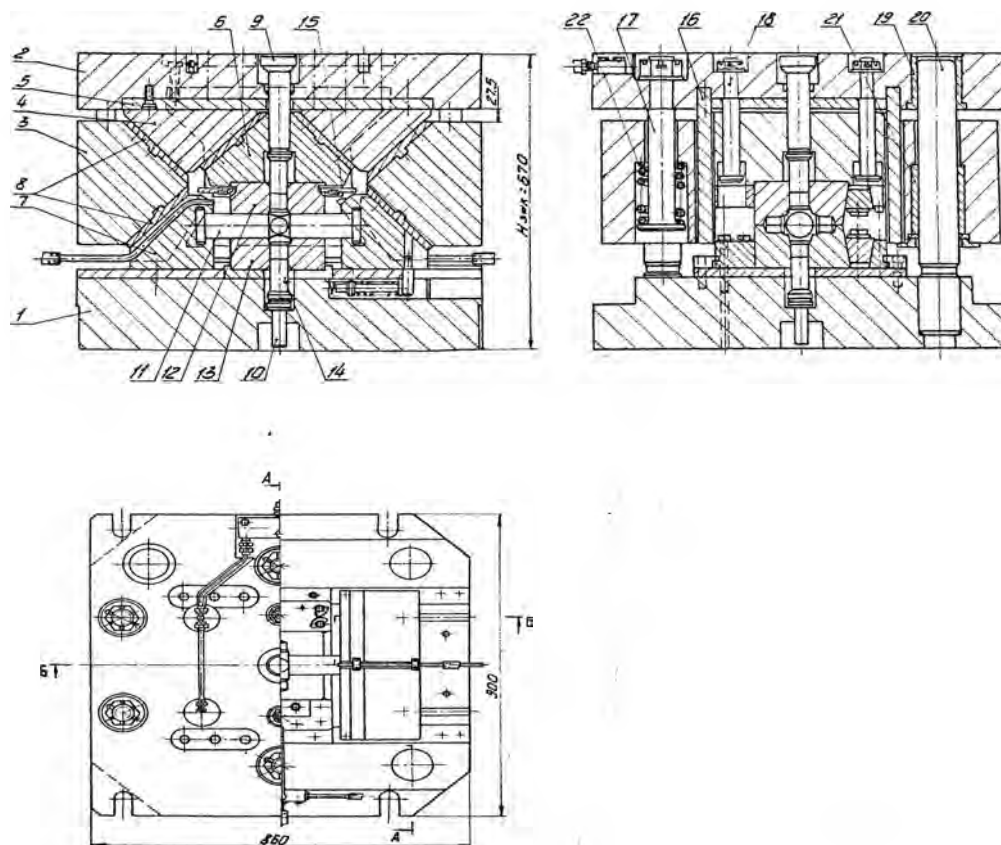


Рисунок 1 – Пакет для безоблойной штамповки крестовины карданного вала

Пакет состоит из нижней 1 и верхней 2 плит, которые крепятся к столу и ползуну пресса.

На плите 1 размещены нижняя полуматрица 13 с толкателями 10 и 14 и две клиновые ползушки 7 с установленными в них пуансонами 11.

На верхней плите смонтированы обойма 3, имеющая внутри наклонные поверхности с закрепленными на них накладками трения 8 из бронзы или антифрикционного чугуна. В обойме расположены центральная клиновидная призма 6, которая прикреплена к верхней плите тягами 18 с возможностью вертикального перемещения, и две промежуточные клиновидные призмы 4, контактирующие с

наклонными поверхностями обоймы 3, центральной клиновидной призмы 6 и перемещающиеся в процессе работы по накладкам трения 5, установленными в верхней плите.

На верхней плите расположена система смазки пакета.

Через верхнюю плиту пакета и центральную призму проходит верхний выталкиватель 9, взаимодействующий с верхним выталкивателем штампа. К верхней плите пакета прикреплены планки 16, которые своими скосами взаимодействуют со скосами ползушек 7 и возвращают их в исходное положение. К центральной призме 6 прикреплены верхняя полуматрица 12 и защёлки 15, облегчающие установку верхней полуматрицы. Верхняя, нижняя плиты и обойма соединены колонками 20 и втулками 19 и 21. Обойма прикреплена к верхней плите тягами 17 с установленными между ними и обоймой пружинами 22, которые в исходном положении прижимают обойму к верхней плите.

Пакет работает следующим образом.

В исходном положении, когда ползун прессы находится в верхней мёртвой точке, обойма шестью пружинами 22 прижата к верхней плите 2, центральная клиновидная призма 6 с верхним штампом 12 опущена вниз на тягах 18, промежуточные призмы 4 сдвинуты к оси. Клиновидные ползушки 7 с установленными на них деформирующими пуансонами раздвинуты в стороны таким образом, что между пуансонами образуется расстояние, равное длине заготовки, с дополнительным зазором в 5-10мм для обеспечения укладки заготовки.

В нижнюю матрицу между пуансонами укладываются заготовки, и включается пресс на рабочий ход.

При опускании ползуна прессы верхняя полуматрица соприкасается с нижней, образуя закрытый ручей. Промежуточные клиновидные призмы 4, натолкнувшись на остановившуюся центральную призму 6, расходятся в стороны от оси и, воздействуя на наклонные поверхности обоймы 3, заставляют её перемещаться вниз. Обойма своими нижними наклонными поверхностями взаимодействует с клиновидными ползушками 7 и перемещает их к оси вместе с пуансонами, деформирующими металл заготовки.

При обратном ходе ползуна прессы первоначально начинают расходиться в стороны деформирующие пуансоны 11 вместе с ползушками 7 под действием скосов планок 16 и пружин, размещённых в нижней плите пакета.

Затем происходит раскрытие полуматриц и возвращение посредством пружин 22 всех деталей пакета, смонтированных на верхней плите.

Поковка выталкивается из ручья полуматриц верхним и нижним выталкивателями.

Конструкция пакета имеет следующие особенности:

- усилие сжатия полуматриц пропорционально усилию штамповки и зависит от величины углов клиновидных призм (схема с обратной связью) и коэффициента контактного трения в клиновидных парах;
- углы клиновидных призм и усилие сжатия зависят от соотношения площадей давления (площади деформирующего пуансона и поковки в плоскости разреза);
- при колебаниях объёма заготовки в пределах 2% избыток металла идет на увеличение размеров поковки в пределах положительного допуска и компенсируется упругой деформацией пакета, а при большем избытке металла до 5% он может быть размещен в компенсаторе, расположенном в верхнем или нижнем отростке поковки;
- при значительном превышении заданного объёма заготовки полуматрицы автоматически раскрываются, если усилие разжима полуматриц превысит усилие сжатия.

Рассмотренная в работе конструкция штампового пакета позволяет штамповать точные по размерам поковки без облоя за один переход в окончательном ручье штампа, в то время как обычная технология штамповки в открытом штампе предусматривает три перехода – осадка, предварительная и окончательная штамповка с применением последующей операции – обрезки облоя на обрезающем прессе в обрезающем штампе.

УДК 621.771

Математическое моделирование продольной прокатки

Студенты гр.104415 Шегидевич А.А., Карбовский А.С., Батан А.В.

Научный руководитель – Кудин М.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Основными параметрами влияющими на процесс продольной прокатки являются: точность размеров и свойств исходной заготовки, отклонений от заданной температуры ее нагрева, состояния контактной с валками поверхности, условий смазки, скоростного режима процесса и др. Все они оказывают влияние на величину действующего на валки усилия P , что приводит к изменению зазора между валками и на точность прокатанной заготовки.

Усилие на валки рассчитывается по формуле

$$P = n_{\sigma} \gamma \sigma_t R b \alpha, \quad (1)$$

где n_{σ} – коэффициент напряженного состояния;

γ – коэффициент учитывающий влияние главного нормального напряжения σ_2 ;

σ_t – сопротивление деформации;

R – радиус бочки валков;

b – ширина полосы;

α – угол захвата.

Проведенные эксперименты прокатки образцов в валках показали зависимость колебания зазора между валками от усилий на валки (рисунок 1). Из рисунка 1 видно, что с увеличением усилий на валки интенсивность приращения толщины проката уменьшается до значения, близкого к линейному.

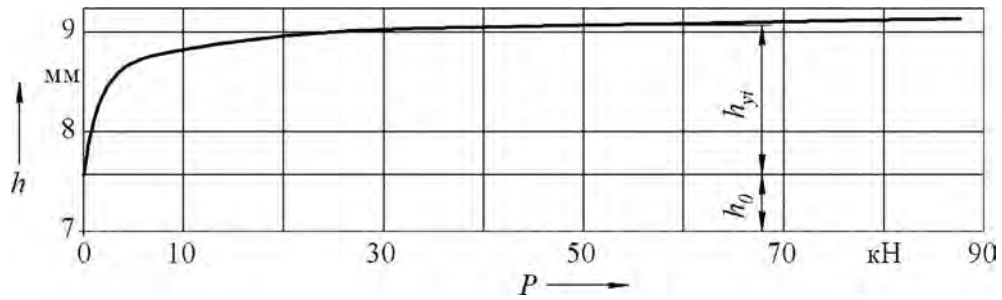


Рисунок 1 - Зависимость толщины проката от действующих на валки сил

При этом выделяется две области: первая, соответствующая сравнительно малым обжатиям и усилиям на валки, в которой с ростом усилий упругая игра валков h_y возрастает с уменьшающейся интенсивностью, и вторая – с близко к линейной зависимости h_y от P , то есть

$$h_y \approx P/J, \quad (2)$$

где J – коэффициент (модуль) жесткости рабочей клетки.

При этом толщина прокатанной заготовки рассматривается как сумма установочного раствора валков h_0 и их упругого отжатия h_y :

$$h = h_0 + h_y = h_0 + P/J \quad (3)$$

Нелинейное, интенсивное изменение толщины прокатанной полосы в функции ее обжатия, а следовательно, и усилий на валки, обусловлено в первой области непостоянством жесткости рабочей клетки прокатного стана, состоящей из большого числа находящихся под технологической нагрузкой имеющих разную жесткость деталей и сопрягаемых поверхностей. Очевидно, в связи с этим, нецелесообразно проводить прокатку в силовом режиме, соответствующим первой области: разнотолщинность исходной заготовки и отклонение от номинальной ее температуры, а следовательно и сопротивление деформации, обуславливают значительную, трудно предсказуемую в условиях не постоянной жесткости рабочей клетки разнотолщинность прокатанной полосы.

Для прогнозирования точности по толщине прокатанной полосы переменные в пределах технологического допуска входными параметрами являются разнотолщинность исходной заготовки $dH = H_{\max} - H_{\min}$ и сопротивлении деформации металла σ_t , зависящему от его температуры.

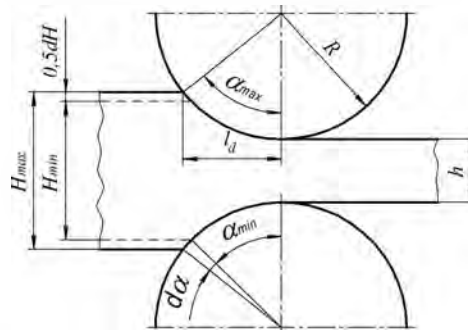


Рисунок 2 - Схема продольной прокатки полосы

Разнотолщинность исходной заготовки (рисунок 2) приводит к изменению угла захвата, который при сравнительно малых углах захвата можно выразить через обжатие и радиус валков

$$\alpha = \sqrt{\Delta H / R} \quad (4)$$

Разнотолщинность исходной заготовки (рисунок 2) приводит к изменению угла захвата, который при сравнительно малых углах захвата можно выразить через обжатие и радиус валков

$$\alpha = \sqrt{\Delta H / R} \quad (4)$$

Изменение сопротивления деформации может происходить при изменении напряженно-деформированного состояния материала, которое в условиях продольной прокатки полосы может быть принято постоянным ($n_\sigma = 0,8$), а так же от изменения температуры металла в очаге деформации из-за неточности и неравномерности нагрева заготовки, ее охлаждения в процессе обработки, деформационного нагрева и др. неизбежных, но допускаемых по технологическим условиям факторов. Для учета отклонения температуры Δt от номинальной t использовали известную экспоненциальную зависимость механических свойств металлов, в том числе и сопротивления деформации, от температуры

$$\sigma_t = \sigma_{t_0} \exp(n_t \Delta t), \quad (5)$$

где n_t – устанавливаемый экспериментально параметр.

Для математического описания этих зависимостей выражение (1) дифференцировали в частных производных, принимая α и σ_t переменными

$$dP = \frac{\partial P}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial P}{\partial \sigma} d\sigma. \quad (6)$$

Находили составляющие полученного дифференциального уравнения дифференцируя P (1) по двум переменным α и σ .

$$\frac{\partial P}{\partial \alpha} = n_\sigma \gamma b R \sigma_t; \quad \frac{\partial P}{\partial \sigma} = n_\sigma \gamma b R \alpha; \quad (7)$$

Полученные дифференциалы подставляем в (6)

$$dP = n_\sigma \gamma b R \sigma_t d\alpha + n_\sigma \gamma b R \alpha d\sigma \quad (8)$$

При этом дифференцируя (4) и (5) определили дифференциалы переменных величин

$$d\alpha = \frac{dH}{2\sqrt{R\Delta H}}, \quad d\sigma = n_t \sigma_{t_0} e^{n_t \Delta t} \Delta t.$$

Подставив их значения в (8) получили выражение

$$dP = 0,5 \gamma n_\sigma b \sigma_{t_0} \sqrt{R / \Delta H} (dH + 2n_t \Delta H e^{n_t \Delta t} \Delta t) \quad (9)$$

Выражение (9) представляет математическую модель продольной прокатки, взаимно увязывающую изменение усилия на валки, с отклонением от номинальной толщины исходной заготовки $\pm dH$, ее температуры $\pm \Delta t$ и общего обжатия ΔH .

УДК 621.365

Технико-экономический анализ различных способов нагрева

Студент гр. 104415 Шувькин А. Ф.

Научный руководитель – Логачев М. В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Процессы, связанные с обработкой металлов давлением, относятся к числу прогрессивных, т. к. позволяют получать заготовки, близкие по форме и размерам к готовым изделиям. В этих условиях важное значение приобретают вопросы автоматизации кузнечно – прессового оборудования и поддержания стабильных температурных режимов нагреваемых заготовок.

Успешному решению поставленных задач во многом способствует правильный выбор способов нагрева. Существует несколько способов сквозного нагрева заготовок: в пламенных печах, в электрических печах сопротивления, в электролите, электроконтактный, индукционный.

В пламенных печах тепло заготовке передается путем конвекции горячих газов и частично излучением от пламени, раскаленных стенок и свода печи. Для разогрева заготовки таким способом требуется длительное время, что приводит к значительным потерям металла на окалину и обезуглероживание (2-4%). Обеспечение высокой производительности таких печей связано с увеличением их габаритов, что ведет к увеличению производственных площадей, занятых под нагревательное оборудование. Несмотря на высокую степень автоматизации некоторых типов современных пламенных печей, полностью автоматизированные системы пламенного нагрева пока еще не созданы. Кроме того, в таких печах практически невозможно поддерживать точный режим нагрева заготовок из-за неизбежных погрешностей в измерении, вызванных тем, что поверхность заготовки покрыта слоем окалины, которая искажает фактическую ее температуру, и наличием источников (факел), температура которых выше температуры нагрева заготовок.

Процессы нагрева в электрических печах сопротивления сходны с процессами в пламенных печах. Отличие состоит лишь в том, что источником тепловой энергии являются специальные нагревательные элементы, которые разогреваются при прохождении по ним электрического тока. Так же, как и в пламенных печах для защиты заготовок от окисления и обезуглероживания металла необходимо применять защитную атмосферу, что усложняет и удорожает конструкцию печей. Низкая производительность печей сопротивления ограничивает широкое их применение для нагрева заготовок. В основном они используются при нагреве заготовок из цветных металлов и сплавов, а иногда и мелких стальных заготовок сложной конфигурации.

Электронагрев в электролите имеет узкое практическое назначение и применяется для нагрева заготовок из инструментальных и специальных сплавов, когда предъявляются высокие требования к качеству нагрева. Основные недостатки такого вида нагрева – большая длительность процесса и повышенный расход электроэнергии (1200-1500 кВт.ч на 1 т нагреваемого металла).

Наиболее экономичным из всех видов нагрева является электроконтактный (260-350 кВт.ч/т), при котором разогрев заготовки обусловлен протеканием по ней электрического тока. Однако контактный нагрев характеризуется неравномерным распределением температуры, как по сечению, так и по длине нагреваемого изделия. Кроме того, для рационального (по расходу электроэнергии) его применения необходимо, чтобы длина заготовки (a_2) была больше диаметра (d_2) на величину $a_2/d_2 > 2.5$.

Индукционный нагрев применяется в различных отраслях промышленности: металлургии, машиностроении, химической и т. д. Поэтому его экономический эффект не всегда складывается из одних и тех же показателей.

В индукционных установках источником тепловыделения является сама заготовка. Отсюда высокие скорости нагрева. Кратковременное пребывание металла в зоне высоких температур предотвращает развитие окалинообразования и обезуглероживания поверхностных слоев (0.2-0.7%). Эффективность увеличивается при нагреве видов стали, на которых особенно нежелательны потери на угар и обезуглероживание. С уменьшением количества образующейся при нагреве окалины связано снижение износа инструмента примерно на 10-20%.

Если недостатком индукционного способа нагрева является повышенный расход электроэнергии (порядка 500 кВт.ч/т), то существенные преимущества его выражаются в снижении затрат на заработную плату в 1.5-2 раза, улучшении условий труда, легкости автоматизации и управления процессом нагрева.

В Беларуси нагрев металла под обработку давлением в основном осуществляется в печах. Для нагрева применяются различные виды топлива (мазут или газ). Однако ограниченность и удаленность сырьевых районов, удорожание традиционных видов топлива требуют тщательного анализа в выборе способа нагрева металла.

Образование при нагреве заготовок дефектного слоя вынуждает удалять в стружку металл, обладающий лучшими поверхностными свойствами. Существенны и потери металла на окисление.

Большим недостатком печей является и то, что их основные рабочие элементы часто выходят из строя: срок службы пода, свода и стенок печей не превышает 6 месяцев. Годовая стоимость ремонта нагревательных печей достигает 50-100% их стоимости.

УДК 621.983.321/324

Особенности вытяжки полых двухслойных изделий из плоских составных заготовок

Студенты гр.104425 Мухо А.Д., Подгорный Д.В.
Научный руководитель – Любимов В.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Широкое применение в ряде отраслей народного хозяйства дефицитных и дорогостоящих цветных металлов и сплавов остро ставит вопрос их экономии. В номенклатуре продукции, которую целесообразно изготавливать из биметаллического проката, значительную долю составляют изделия типа тонкостенных оболочек (сосуды, гильзы, изолирующие экраны, теплообменники, подшипники и др.). Возможны два варианта изготовления полых двухслойных изделий методами обработки давлением: пластическим формоизменением двухслойного проката (листы, трубы) и совместным пластическим формоизменением составных заготовок. Широкое применение биметаллического проката сдерживается недостаточной номенклатурой его выпуска, сложностью технологии изготовления и высокой стоимостью. Во многих случаях из-за высокой стоимости биметаллов их применение становится нерентабельным. Кроме того, биметаллический прокат имеет, как правило, пониженную пластичность, что обусловлено невозможностью проведения его полного отжига при резко отличающихся физико-химических свойствах слоев и наличием хрупких интерметаллидных зон на межслойной поверхности.

Во многих случаях наличие металлической связи между слоями изделия не является обязательным. Это создает возможность изготовления таких изделий из обычного однослойного проката при значительном снижении себестоимости изделий.

Процесс комбинированной вытяжки, положенный в основу технологии изготовления полых тонкостенных многослойных изделий, позволяет использовать составные заготовки без специальной подготовки контактных поверхностей. Отсутствие металлической связи между слоями составной заготовки обуславливает ряд отличительных особенностей при ее пластическом формоизменении по сравнению с формоизменением биметаллической заготовки.

Комбинированная вытяжка двухслойных заготовок характеризуется наличием в очаге деформации трех контактных поверхностей: поверхностей контакта заготовок с инструментом и межслойной поверхности. При комбинированной вытяжке скорости перемещения слоев определяются их сопротивлением пластической деформации и в общем случае различны. Следствием этого является возникновение на межслойной поверхности сил контактного трения. В слое, движущемся в очаге деформации с большей скоростью, силы межслойного трения направлены противоположно направлению его перемещения, а в слое, движущемся с меньшей скоростью, направления сил трения и его перемещения совпадают. При комбинированной вытяжке большую скорость перемещения имеет слой с большим сопротивлением пластическому деформированию (более твердый). В результате силы межслойного трения создают в твердом слое дополнительные растягивающие, а в мягком слое – дополнительные сжимающие напряжения. Значения дополнительных напряжений в слоях заготовки, вызванных силами межслойного трения, зависят от степени утонения.

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

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

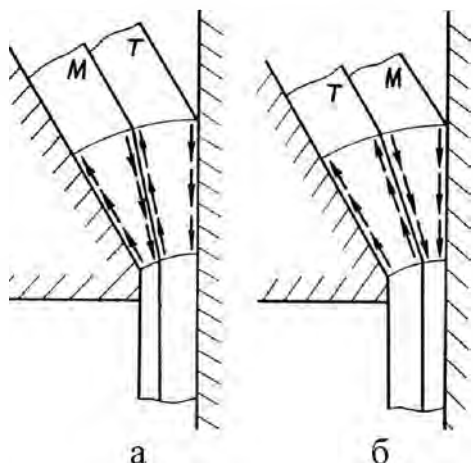


Рисунок 1 – Схема действия контактных и межслойных сил трения в зоне утонения при внутреннем (а) и наружном (б) расположении твердого слоя

На рис. 1 приведены схемы действия контактных и межслойных сил трения в зоне утонения. При наружном расположении мягкого слоя (рис. 1,а) направление действия контактных и межслойных сил трения на мягкий слой аналогично направлению действия сил трения при однослойной вытяжке. При этом твердый слой играет роль пуансона по отношению к мягкому слою. Растягивающее действие межслойных сил трения на твердый слой в некоторой степени компенсируется противоположным действием контактных сил трения по пуансону. При наружном расположении твердого слоя (рис. 1,б) растягивающее действие контактных и межслойных сил трения на него суммируется, а мягкий слой разгружается не только действием сил трения по пуансону, но и действием сил межслойного трения. Таким образом, независимо от компоновки составной заготовки, вероятность обрыва наружного слоя больше, чем внутреннего.

Вытяжка заготовок из материалов с различными механическими свойствами сопровождается неравномерной деформацией слоев не только по толщине, но и вдоль образующей стенки изделия. Это

объясняется тем, что слой из материала с меньшим пределом текучести получает большую степень утонения (так как пластическое состояние в нем наступает раньше), а слой из материала с большим пределом текучести – меньшую степень утонения. При различной интенсивности упрочнения соотношение напряжений текучести материалов слоев в процессе вытяжки постоянно изменяется. В результате изделия получают с неравномерной толщиной слоев по длине стенки: толщина слоя с большей интенсивностью упрочнения увеличивается по направлению к верхней кромке изделия, а толщина слоя с меньшей интенсивностью упрочнения уменьшается в этом направлении.

Наибольшая неравномерность послойной деформации наблюдается при вытяжке двухслойных изделий с большой разницей механических свойств слоев при наружном расположении мягкого слоя. Для изготовления таких изделий с равномерной толщиной слоев может быть использован способ послойной комбинированной вытяжки, сущность которого заключается в следующем. Сначала осуществляют комбинированную вытяжку заготовки внутреннего (твердого) слоя пуансоном, диаметр которого обеспечивает размер полости готового изделия, при одностороннем зазоре между пуансоном и матрицей,

равном требуемой толщине слоя в готовом изделии. Затем пуансоном с находящимся на нем вытянутым на первой стадии внутренним слоем производят комбинированную вытяжку заготовки наружного слоя в другую матрицу, имеющую диаметр, равный наружному диаметру готового изделия. Требуемая толщина наружного слоя и ее равномерность по длине стенки обеспечивается принудительным утонением заготовки в вытяжном зазоре, образуемом матрицей и стенкой заготовки твердого слоя.

Для получения двухслойных изделий с толщиной мягкого слоя значительно меньше твердого целесообразно осуществлять совместную вытяжку обоих слоев. Преимущественную деформацию мягкого слоя можно предотвратить за счет торцевого подпора, создаваемого на заготовку этого слоя с помощью бурта, выполненного по контуру заготовки твердого слоя. Бурт, ограничивая пластическое течение мягкого слоя в меридиональном направлении, воспринимает давление со стороны этого слоя. Ширина бурта определяется его прочностью на срез.

Предложенные технологические приемы позволяют получать полые изделия с практически любой комбинацией материалов слоев, с требуемым соотношением их толщин в готовом изделии и равномерной послойной деформацией.

УДК 621.732

Анализ механизма прессы-автомата с самоподачей ленты

Студенты гр.104415 Левкович М. Н., гр.104425 Баранов Д. А.
 Научный руководитель – Овчинников П. С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Расчет кинематических параметров и крутящего момента на кривошипном валу прессы с круговым движением ползуна.

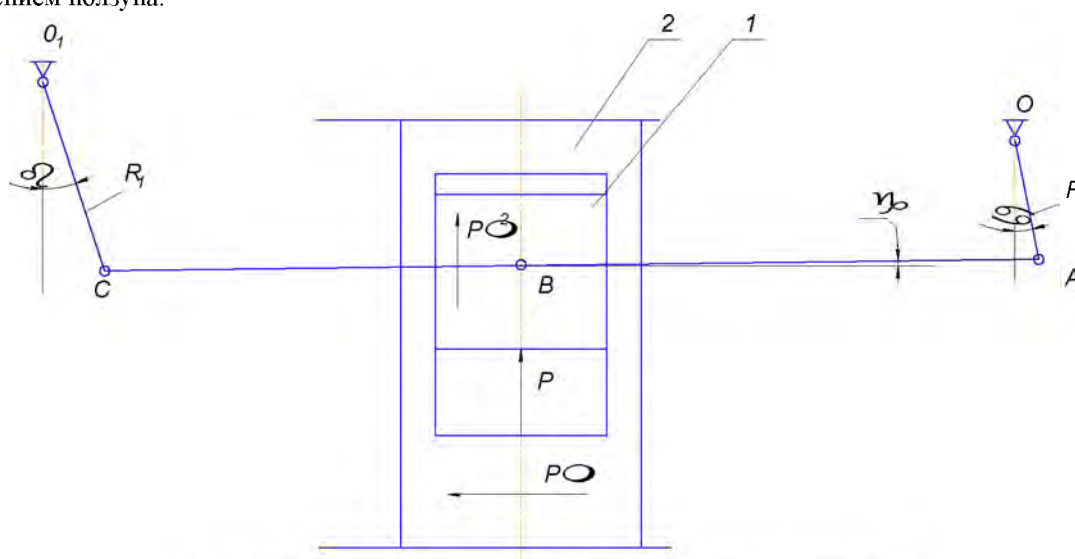


Рисунок 1 – Кинематическая схема прессы с самоподачей ленты

При вращении кривошипного вала R ползун 1 совершает движение вместе с точкой B рычага AC по траектории эллипса. Ползун заключен в раму 2, которая скользит в направляющих станины. Верхняя половина штампа крепится к ползуну, нижняя – к раме 2. Такой пресс обеспечивает самоподачу ленты.

Запишем горизонтальные и вертикальные перемещения точек A и C в зависимости от угла α

$$S_{AX} = R \cdot \sin \alpha; \quad S_{AY} = R \cdot (1 - \cos \alpha); \quad S_{CX} = R_1 \cdot \sin \beta; \quad S_{CY} = R_1 \cdot (1 - \cos \beta);$$

Из схемы, приведенной на рисунке 1, видно, что

$$R \cdot \alpha = R_1 \cdot \beta; \quad \beta = \frac{R}{R_1} \cdot \alpha; \quad \frac{R}{R_1} = K; \quad \beta = K \cdot \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{S_{AY} - S_{CY}}{L}; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{R \cdot (1 - \cos \alpha) - R_1 \cdot (1 - \cos(k \cdot \alpha))}{L};$$

Найдем перемещение ползуна:

$$S_{BX} = \frac{1}{2} \cdot (S_{AX} - S_{CX}) = \frac{1}{2} \cdot (R \cdot \sin \alpha - R_1 \cdot \sin(k\alpha)).$$

$$S_{BX} = \frac{R_1}{2} \cdot (k \cdot \sin \alpha - \sin(k\alpha)) \quad (1)$$

$$S_{BY} = \frac{1}{2} \cdot (S_{AY} - S_{CY}) = \frac{1}{2} \cdot (R \cdot (1 - \cos \alpha) - R_1 \cdot \cos(k\alpha)).$$

$$S_{BY} = \frac{R_1}{2} \cdot (k \cdot (1 - \cos \alpha) - (1 - \cos(k\alpha))) \quad (2)$$

Дифференцируем выражения (1) и (2), считая переменными в левых частях время, в правых – угол поворота кривошипа.

$$\left. \begin{aligned} V_X &= \omega \cdot \frac{R_1}{2} \cdot (k \cdot \cos \alpha - k \cdot \cos(k\alpha)); \\ V_Y &= \omega \cdot \frac{R_1}{2} \cdot (k \cdot \sin \alpha - k \cdot \sin(k\alpha)), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

т. к. $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$ - угловая скорость.

Составим уравнение баланса элементарных работ для приведенного механизма.

$$M_K d\alpha = PdS_Y + P\mu^2 dS_Y + P\mu \cdot dS_X + \frac{P}{2} \mu \cdot r_0 d\alpha + \frac{P}{2} \mu \cdot r_A (d\alpha + d\gamma) + P\mu \cdot r_B d\gamma + \\ + \frac{P}{2} \mu \cdot r_C (d\gamma + d\beta) + \frac{P}{2} \mu \cdot r_{01} d\beta.$$

$$M_K = P \cdot (1 + \mu^2) \frac{dS_Y}{d\alpha} + P\mu \frac{dS_X}{d\alpha} + \frac{P}{2} \mu \cdot r_0 + \frac{P}{2} \mu \cdot r_A (1 + \frac{d\gamma}{d\alpha}) + P\mu \cdot r_B \frac{d\gamma}{d\alpha} + \frac{P}{2} \mu \cdot r_C (\frac{d\gamma}{d\alpha} + \frac{d\beta}{d\alpha}) + \quad \text{т. к.} \\ + \frac{P}{2} \mu \cdot r_{01} \frac{d\beta}{d\alpha}.$$

$$\beta = k \cdot \alpha, \quad \frac{d\beta}{d\alpha} = k.$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{S_{AY} - S_{CY}}{L}; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{R \cdot (1 - \cos \alpha) - R_1 \cdot (1 - \cos(k \cdot \alpha))}{L}.$$

$$d\beta = \frac{R}{R_1} d\alpha; \quad \frac{d\beta}{d\alpha} = k.$$

$$M_K = P \cdot (1 + \mu^2) \frac{R}{2} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) + P\mu \frac{R}{2} (\cos \alpha - \cos(k\alpha)) + \frac{P}{2} \mu \cdot r_0 + \frac{P}{2} \mu \cdot r_A (1 + \\ + k \frac{R_1}{L} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) \cdot \cos^2 \gamma + P\mu \cdot r_B k \frac{R_1}{L} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) \cdot \cos^2 \gamma + \\ + \frac{P}{2} \mu \cdot r_C ((k \frac{R_1}{L} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) \cdot \cos^2 \gamma) + k) + \frac{P}{2} \mu \cdot r_{01} k;$$

$$M_k = P \cdot m_k \quad (4)$$

$$m_k = 0,5k \frac{R_1}{L} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) \cdot \cos^2 \gamma \cdot \mu(r_A + 2r_B + r_C) + 0,5\mu(r_0 + r_A \cdot \cos^2 \gamma + r_C k + r_{01} k) + \\ + (1 + \mu^2) \frac{R}{2} (\cos \alpha - \cos(k\alpha)) \quad (5)$$

Здесь M_K - крутящий момент на кривошипном валу; m_k - приведенное плечо крутящего момента.

УДК 621.73.043.073

Навивка пружин и гибка проволоки на автоматах

Студенты гр.104425 – Фолежинский С.И., Зенькевич А.В.

Научный руководитель – Шиманович О.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Технология изготовления метизов штамповкой на универсально-гибочных автоматах позволяет, как правило, получить полностью законченные изделия. Некоторые гибочные автоматы оснащены

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

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

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

Навивку на вращающуюся оправку (рисунок 1а) как наиболее простой способ применяют в единичном и мелкосерийном производстве; применяют также в автоматах для навивки пружин кручения. Развод витков осуществляют смещением оправки по стрелке А или смещением направляющей втулки. Если осуществлять скручивание проволоки (по стрелке Б), то можно получить пружины с межвитковым давлением (с предварительной нагрузкой). Для получения пружин растяжения с большим межвитковым давлением применяется способ навивки с отгибом и обкаткой роликом (рисунок 1б). Недостатками навивки на оправку являются трудности в автоматизации изготовления пружин сжатия и невозможность регулирования диаметра без смены оправки. Способы навивки по схеме «сжатие+изгиб» не имеют этих недостатков и получили наибольшее распространение. Для подачи проволоки можно использовать подающие ролики с канавками или клещевой зажим. На рисунке 1в приведена одноштифтовая (одноупорная) схема навивки. Проволока в этом случае перегибается через оправку, т.е. касается ее. Если увеличить угол φ_1 установки упора, то при некотором угле $\beta \approx \beta_{кр}$ проволока отрывается от оправки и необходим второй упорный штифт (рисунок 1г), т.е. схема докритическая переходит в закритическую, в которой оправка нужна только как внутренний нож.

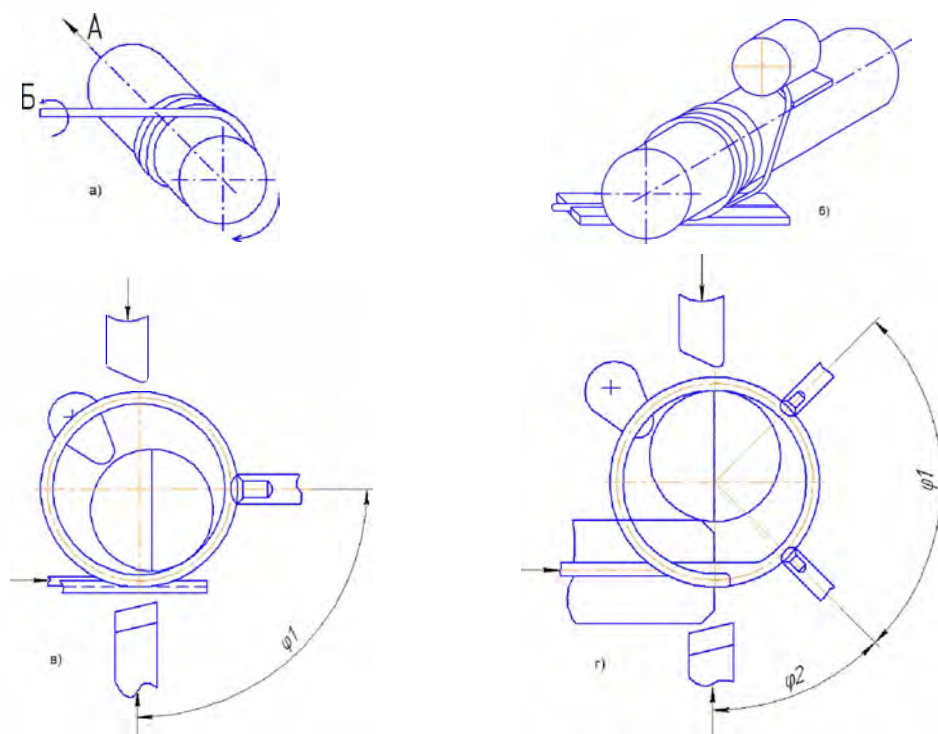


Рисунок 1 – Схемы навивки пружин

Пружинонавивочные автоматы для холодной навивки пружин, работающих по схеме «сжатие+изгиб», могут быть двух типов: кулисные и муфтные. В автоматах кулисного типа длина заготовки навиваемой пружины регулируется изменением радиуса кривошипа, т.е. изменением угла качания зубчатого сектора кулисы. В автоматах муфтного типа подача регулируется изменением времени включения и выключения муфты подачи, управляемой регулируемыми кулачками. К преимуществам автоматов кулисного типа можно отнести высокую производительность при навивке пружин с небольшой длиной развертки, точность подачи по длине (0,5-2 мм), бесступенчатое и точное регулирование длины подачи, бесшумность работы, надежность. Недостатком автоматов муфтного типа – неточность подачи по длине заготовки (5-30 мм) вследствие неравномерности проскальзывания муфты и проволоки при ударном включении.

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

УДК 621.77.001

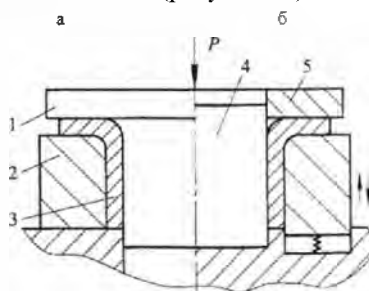
Расчет усилия деформирования при пластическом формоизменении отбортованного фланца в трубной заготовке

Студенты гр.104415 Николаенко А.С., Астапенко А.А.
 Научный руководитель – Исаевич Л.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Формообразование относительно широких фланцев в трубных заготовках проводится в большинстве случаев посредством их отбортовки, являющейся завершающей стадией процесса раздачи концов этих заготовок жестким инструментом. В результате такой операции конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом.

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

В связи с этим предложено техническое решение, суть которого сводится к тому, что после отбортовки по описанной выше схеме производят пластическое формоизменение торообразного участка заготовки за счет осадки ее цилиндрической части (рисунок 1б).



1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - заготовка; 4 - цилиндрический стержень; 5 - пресс-шайба
 Рисунок 1 – Схемы: а - раздачи; б - осадки трубной заготовки

При определении усилия, необходимого для формоизменения торообразного участка заготовки, процесс деформирования будем рассматривать как открытую прошивку фланца наружным диаметром D трубчатым прошивком, имеющим наружный диаметр d_1 , а внутренний – d_0 . Уравнение равновесия для этого случая запишется в виде

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{2\tau_k}{h} \quad (1)$$

Здесь касательные напряжения на границе раздела осаживаемой части 1 (рисунок 2) высотой h трубной заготовки, охваченной фланцем, и недеформируемого участка 2 трубы, заключенного между цилиндрическим стержнем и матрицей, принимаем максимальными $\tau_k = \tau_{\max} = 0,5\sigma_T$. Поэтому для решения дифференциального уравнения (1) возникает необходимость принять такой же величины касательные напряжения и на поверхности контакта заготовки с пресс-шайбой.

Тогда уравнение (1) примет вид $\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{\sigma_T}{h}$, а после разделения переменных и проведения интегрирования

$$\sigma_r = -\sigma_T \frac{r}{h} + c \quad (2)$$

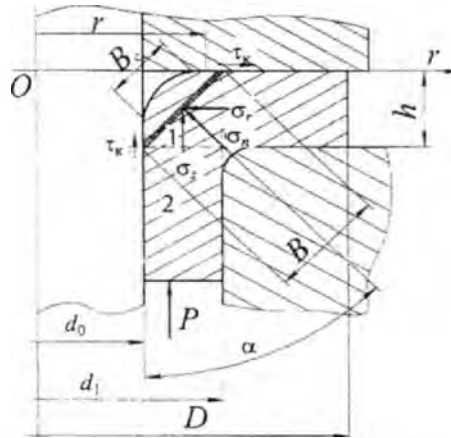


Рисунок 2 – Схема очага деформации при формоизменении торообразного участка

Постоянную интегрирования определим из граничных условий, согласно которым при $r = \frac{d_1}{2}$ будет $\sigma_r = 1,1\sigma_T \ln \frac{D}{d_1}$. Тогда $c = \sigma_T \left(1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1}{2h} \right)$. Подставив значения этой постоянной в выражение (2), получим

$$\sigma_r = \sigma_T \left(1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{0,5d_1 - r}{h} \right) \quad (3)$$

Уравнение пластичности для данного случая имеет вид

$$\sigma_z - \sigma_r = \sigma_T \quad (4)$$

так как полагаем, что радиальные и тангенциальные напряжения в очаге деформации близки по своим значениям. Используя это условие, на основании уравнения (3) можно записать выражение для определения осевого напряжения

$$\sigma_z = \sigma_r \left(1 + 1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{0,5d_1 - r}{h} \right) \quad (5)$$

Радиальные (3) и осевые (5) напряжения могут вызвать пластическое формоизменение торообразного участка фланцевой части трубы. Такое формоизменение, в свою очередь, обусловлено действием нормального напряжения в площадке, равнонаклоненной к осям координат rOz (рисунок 2):

$$\sigma_n = \sigma_r a_r + \sigma_z a_z \quad (6)$$

Поскольку в нашем случае $a_r = a_z = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ то $\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} (\sigma_r + \sigma_z)$.

Подставив сюда значения σ_r и σ_z соответственно из выражений (3) и (5), получим

$$\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - 2r}{h} \right) \quad (7)$$

Рассмотрев равновесие выделенного элемента (рисунок 2), с учетом выражения (7) найдем

$$B_c = B / \exp \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right) \right] \quad (8)$$

Тогда усилие деформирования можно представить как

$$P = \sigma_z \cdot \pi \frac{d_1^2 - d_0^2}{4} \quad (9)$$

В соответствии с полученным выражением на графике (рисунок 3) показано изменение усилия формоизменения в зависимости от величины переходной кромки B_c при деформировании трубной заготовки с ранее заданными параметрами из стали 30 при температуре 900°C . Предел текучести для этой стали при заданной температуре согласно составляет 80 МПа.

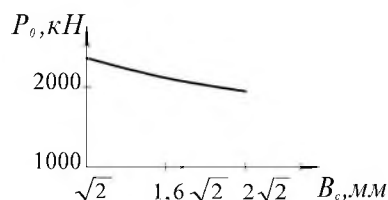


Рисунок 3 – Зависимость усилия формоизменения переходной кромки от ее величины

Из графика следует, что даже для достижения минимальной величины переходной кромки V_c , обеспечивающей фаску $1 \times 45^\circ$, достаточно пресса с номинальным усилием 2500 кН.

УДК 621.762

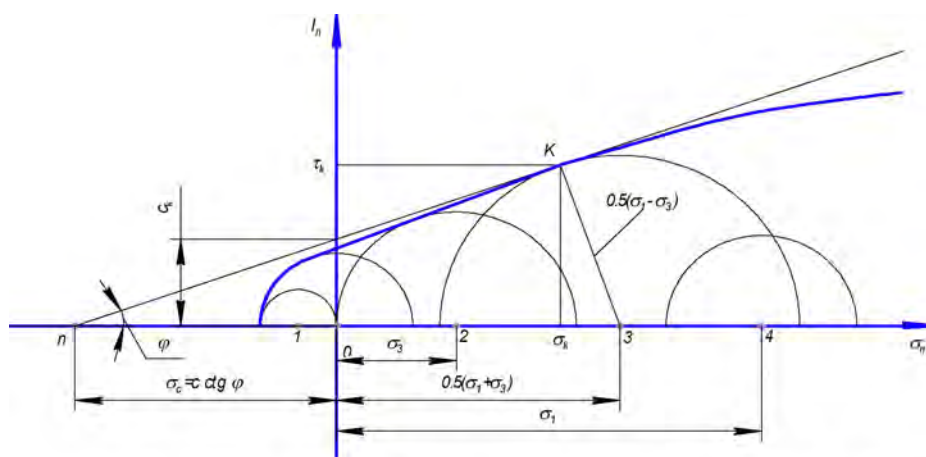
Условия измельчения сыпучих материалов под действием внешних сил

Студенты гр. 1044415 Липницкий А.С., Лисовский М.А.
 Научный руководитель – Ложечников Е.Б.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Силы трения и сцепления обуславливают способность порошка воспринимать внешнюю нагрузку без или с необратимой структурной деформации. Величина этой нагрузки зависит как от физических свойств порошка, определяющих удельную прочность сцепления частиц и коэффициент межчастичного трения, так и сил, действующих перпендикулярно контактным поверхностям частиц. Последнее является существенным отличием условий пластичности связносыпучей среды от твердых тел, деформация которых совершается, в основном, вследствие внутрикристаллических сдвигов. В связи с этим разность главных напряжений, при которой уравниваются внешние и внутренние силы, для связносыпучей среды не постоянно. Напряжение, нормальное к поверхности трения частиц, определяет величину сил межчастичного трения, а вследствие деформации частиц порошка – и площадь контактной поверхности и величину сил сцепления частиц.

Огибающая кругов Мора (рис. 1) для связно-сыпучей среды представляет кривую линию, что является следствием изменения параметров прочности и трения порошка в зависимости от вида и величины напряжений. Однако для конкретного условия огибающую можно заменить прямой, касательной к ней линией. Тогда разность главных напряжений, соответствующих предельному состоянию связносыпучей среды для этих условий, может быть приведена к виду

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi, \quad (1)$$



0 – чистый сдвиг, $\tau_n = c$; 1 – одноосное растяжение, $\sigma_n = -\sigma_1$;
 2 – одноосное сжатие, $\sigma_n = \sigma_1$; 3 – двухосное сжатие; 4 – двухосное сжатие без сдвига

Рисунок 1 – Диаграмма кругов предельного напряжения Мора

С ростом напряжений угол Φ уменьшается, сцепление же частиц возрастает. И при $\Phi=0$ выражение (1) обращается в условие пластичности Сен-Венана-Трески, в котором $2c = \sigma_s$.

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_s. \quad (2)$$

Существенной особенностью свойства связносыпучей среда является зависимость разности главных напряжений и сопротивление сдвигу не только от величины, но и от направления (знака) напряжений.

Поскольку частицы порошка представляют твердые тела, пластическая деформация с возможным разрушением которых наступает при разности главных напряжений, описываемых условием (2), такая же разность главных напряжений должна быть в массе этих частиц, представляющих обрабатываемый давлением порошок, условие деформации которых зависят от величины среднего напряжения, что вытекает из условия (1). Подстановкой значений разности главных напряжений из (2) в (1) получено выражение $\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\Phi + 2c \cos\Phi$, в результате преобразований которого определена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и разрушение частиц

$$\sigma = (k_c \sigma_s - 2c \cos\Phi) \theta_c / 2 \sin\Phi. \quad (3)$$

Введенная в числителе (3) относительная плотность, $\theta_c = \rho_c / \rho$, где ρ – плотность (удельный вес) материала частиц, учитывает реальную площадь сечения обрабатываемого давлением порошка. $k_c = \sigma_B / \sigma_s$ – коэффициент, учитывающий деформируемость материала частиц. Для хрупких материалов $k_c \approx 1$. Большое главное напряжение при этом

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin\Phi) - \sigma_c.$$

Деформация связносыпучей дисперсной среды, происходящая в результате внешнего силового воздействия, заключается во взаимном перемещении и более плотной упаковке частиц (уплотнение среды) с их деформацией и полным или избирательным измельчением.

По величине среднего σ и большего главного напряжений σ_1 рассчитывается технологическое, со стороны размольных сил усилие и мощность привода измельчения.

УДК 621.771

Формирование тонких плоских заготовок из порошка

Студент гр. 104414 Бугаев А.В.

Научный руководитель – Ложечников Е.Б.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Цель работы – получение тонких, менее 1..2 мм, плоских заготовок из порошка.

Формообразование тонких, плоских заготовок в прессформе практически невозможно, так как невозможно его равномерно, тонким слоем распределить по прессующему нижнему пуансону при его загрузке. В производстве пиротехнических изделий тонкие детали из чувствительных порошковых композиций получают шликерным литьём – принудительным осаждением порошка из жидкой пульпы на проницаемую подложку с последующей допрессовкой.

Разработаны и используются в производстве способы получения плоских тонких заготовок, основанные на прокатке из порошков ленты с последующей вырубкой в штампе требуемой заготовки (детали). Штамповку-вырубку осуществляют как в спеченной, так и в не спеченной, например, из твёрдых сплавов, лентах.

Для уменьшения и исключения влияния наклёпа на свойства получаемых измельчением отходов порошка, ленту-полуфабрикат прокатывают с минимально допустимой плотностью ρ_d и соответственно большей толщины h_d исходя из известной зависимости $\rho_d \cdot h_d = c \approx const$. А затем пуансоном прессуют в ленте местным уплотнением требуемые заготовки (рис.1, а).

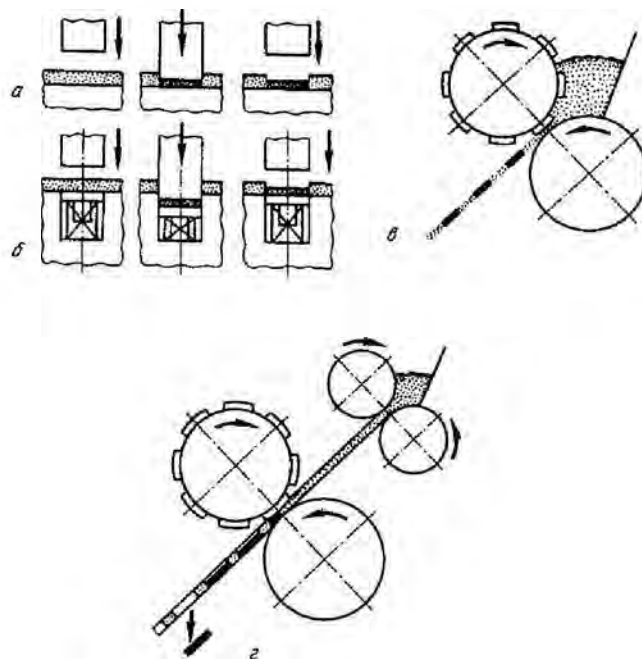


Рисунок 1 - Схемы формирования плоских заготовок из высокопористой ленты между плитой и пуансоном (а), в штампе (б), непосредственно из порошка (в) и с формирующими вставками в валке (г)

При необходимости формирования кромок требуемое изделие получают вырубкой с доуплотнением в штампе (рис 1,б)

Валками, со вставками на одном из них возможна прокатка из порошка тонких заготовок (рис. 1, в). Однако такой процесс отличается неустойчивостью. Полученные заготовки имеют рыхлые, непрочные кромки. Просыпаемый между валками порошок затрудняет процесс и не допустим по условиям безопасности при работе с чувствительными композициями.

Эффективным оказался способ, основанный на предварительной прокатке высокопористой ленты с последующим уплотнением в ней плоских заготовок накладными формирующими элементами.

Наиболее технологичным является способ прокатки в двухклетевом стане (рис 1, г). В первой клетке прокатывается высокопористая лента. По наклонному столу она перемещается во вторую клетку, один из валков которой имеет выступающие вставки. Перемычки между вставками легко отделяются и рассыпаются в исходный порошок.

УДК539.374:621.762.4.016.2

Потеря устойчивости конической заготовки при раздаче

Студент гр. 641541/40 Лейман А.А., аспирант Астахов В.Ю.

Научный руководитель – Селедкин Е.М.

Тульский государственный университет

г. Тула

При исследовании процесса формообразования оболочки из конической заготовки по схеме, приведенной на рис. 1, было установлено, что при определенных соотношениях конусности и толщины стенки вследствие наличия осевой силы, вызывающей значительные сжимающие напряжения вдоль образующей стенки конической заготовки, происходит потеря устойчивости в форме образования поперечных складок (гофров) в стенке детали. На рис. 1 приведены результаты расчетов при $h_1=75$ мм; $h_2=25$ мм; $R_1=60$ мм; $S_0=0,5$ мм; $\alpha =15^0$; материал – сталь X18H9T; трение отсутствует.

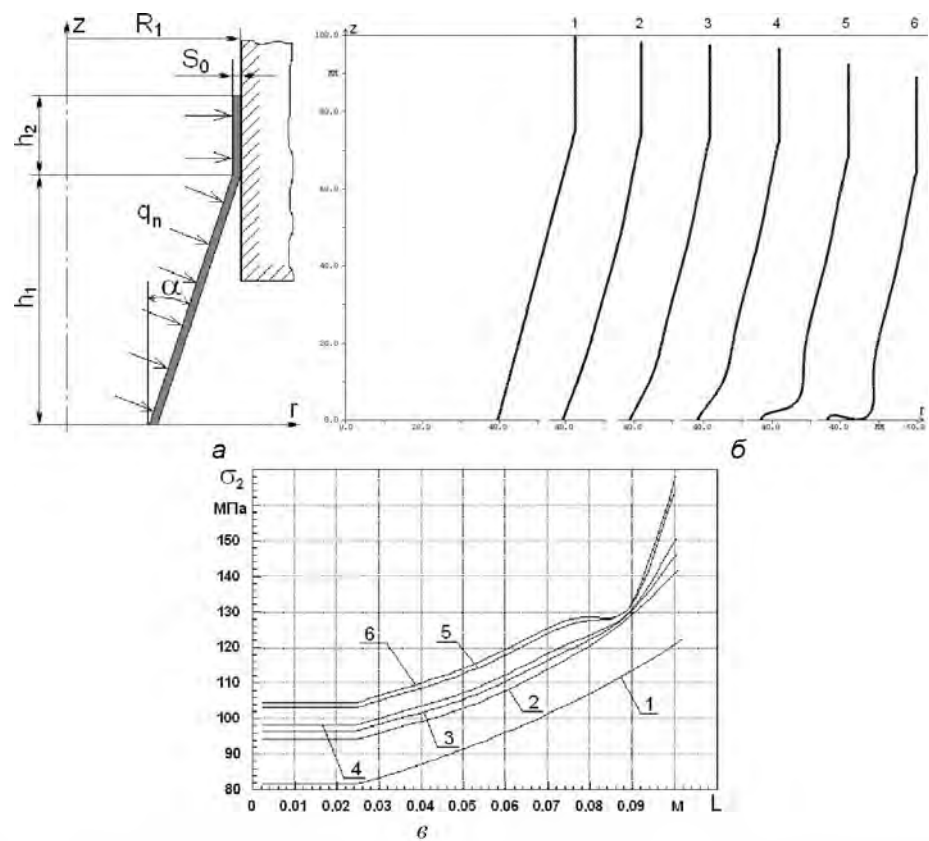
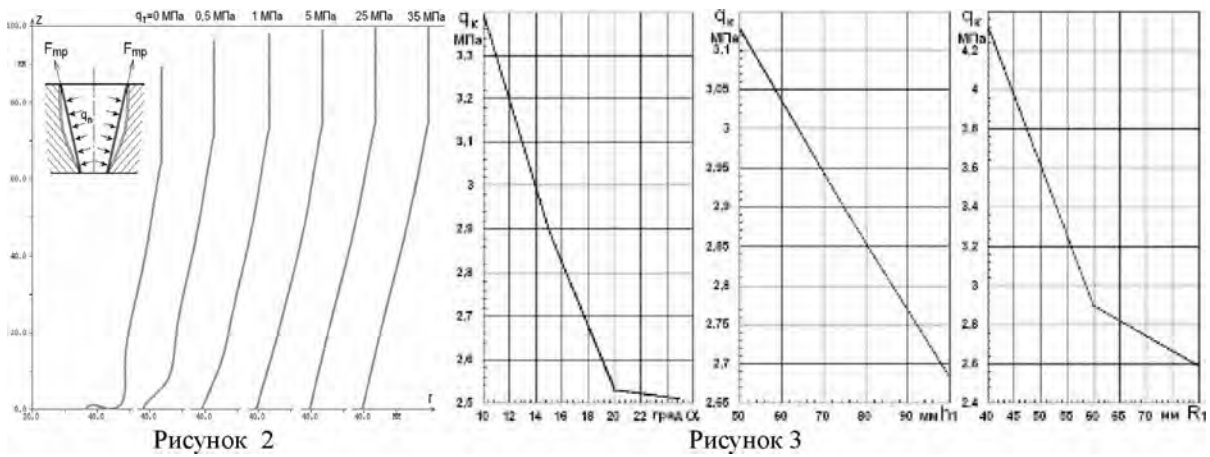


Рисунок 1 – Схема деформирования (а); стадии формоизменения (1- исходная заготовка; 2 – 2,867 МПа; 3 – 2,903 МПа; 4 – 2,908 МПа; 5 – 2,914 МПа; 6 – 2,919 МПа (б); напряжения, возникающие в текущем сечении стенки оболочки от осевой силы в направлении вдоль образующей от верхней части заготовки к нижней (в)

Для исключения такого рода потери устойчивости можно торец прижать к матрице, что вызовет тормозящее действие возникающих при этом сил трения F_{mp} , либо закрепить специальным прижимом – деформирование с закрепленным торцом.

Выполненные расчеты позволили установить взаимосвязь величины F_{mp} и условий протекания процесса формоизменения. В частности для тех же исходных данных, при которых решалась задача (рис. 1), получены результаты при варьировании основных технологических параметров угла конусности α , длины конической части h_1 и радиуса R_1 (рис. 2). Здесь $F_{mp} = q_T \cdot S_k$, где q_T - распределенная нагрузка приложенная к торцевой поверхности заготовки вдоль оси Z ; S_k - площадь торцевой поверхности заготовки.

Исследования (в пределах заданных величин варьирования параметров) позволили построить зависимости величины критического давления формовки q_k (при котором возникает потеря устойчивости) от величины угла конусности α , длины конической части h_1 и радиуса R_1 . Показано, что чем больше величины указанных параметров (при неизменных других), тем при меньшем давлении формовки возникает потеря устойчивости (рис. 3).



При пневмоформовке с прижимом (с закрепленным торцом) формоизменение происходит исключительно за счет утонения стенки, потери устойчивости не происходит, но величина требуемого давления возрастает почти на порядок.

УДК 621.833.15

Анализ напряженного состояния высоконагруженной зубчатой передачи

Студент гр. 641441/03 Алексеев Д.А.
 Научный руководитель – Лопа И.В.
 Тульский государственный университет
 г. Тула

Во многих приводах кузнечно-штамповочного оборудования применяются зубчатые передачи, которые работают в тяжелых условиях.

В данной работе представлены результаты расчета методом конечных элементов (МКЭ) напряжений возникающих в поперечном сечении А-А (рис. 1) зуба колеса прямозубой передачи внешнего зацепления.

При расчете была принята схема плоско-деформированного состояния. Использовались следующие исходные данные: сила $F' = 80 \text{ кН}$; модуль $m = 8 \text{ мм}$; длина зуба $b = 100 \text{ мм}$; смещение исходного контура $x = 0$; число зубьев $z = 50$; угол зацепления $\alpha_w = 20^\circ$; материал – сталь 45.

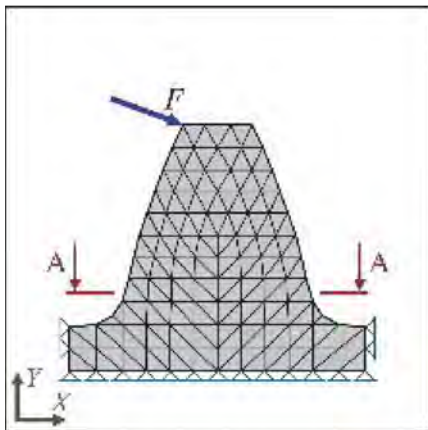


Рисунок 1 – Расчетная схема

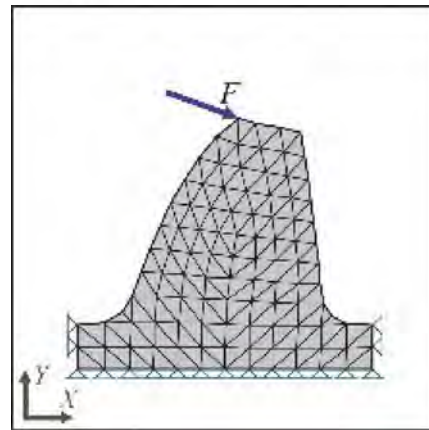


Рисунок 2 – Деформированная модель зуба

На рисунке 3 представлены кривые, характеризующие распределение нормальных напряжений σ_x , σ_y и касательных напряжений τ_{xy} .

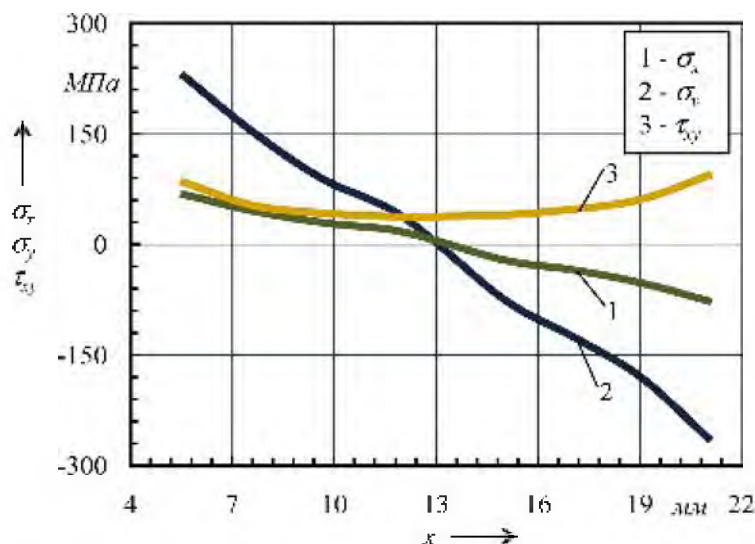


Рисунок 3 – Кривые, характеризующие распределение напряжений

Таким образом, МКЭ позволяет достаточно точно установить распределение напряжений, возникающих в элементах зубчатых передач, учитывая их конструктивные особенности.

УДК 539.374:621

К вопросу о выборе режимов деформирования при сверхпластической формовке сферических мембран

Студент гр. 641541/40 Алексеев П.А.
 Научный руководитель – Панченко Е.В.
 Тульский государственный университет
 г. Тула

К важнейшим параметрам режима деформирования при сверхпластической формовке (СПФ) относятся: закон изменения давления газа по времени и время формоизменения, которые должны обеспечить получение изделий заданной формы, причем необходимо, чтобы весь процесс формоизменения проходил в допустимых пределах изменения интенсивности скоростей деформации.

В работе представлены результаты расчетов режимов деформирования для свободной СПФ сферической мембраны из сплава ВТ6с.

Для расчета потребного давления использованы: уравнение равновесия сферической оболочки, уравнение состояния материала и выражение для определения текущей средней толщины стенки купола. Также было принято допущение, что интенсивность скоростей деформации пропорциональна скорости относительного изменения толщины стенки купола. В результате расчетов получена зависимость:

$$P(t_\phi) = \frac{S_0}{R} \cdot \frac{4 \cdot H(t_\phi) \cdot \sigma_u}{(1 + H(t_\phi)^2)^2},$$

где S_0 – исходная толщина материала, мм;

R – радиус отверстия матрицы, мм;

σ_u – интенсивность напряжений, соответствующая скорости деформации, при которой наблюдается эффект сверхпластичности, МПа;

$H(t_\phi)$ – текущая относительная высота купола, которая определяется по следующей полученной зависимости:

$$H(t_\phi) = \sqrt{e^{a_0 \cdot t_\phi + a_1 \cdot \sigma_u \cdot t_\phi + a_2 \cdot \sigma_u^2 \cdot t_\phi + a_3 \cdot \sigma_u^3 \cdot t_\phi} - 1},$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты полинома, аппроксимирующего графические зависимости интенсивности скоростей деформации от интенсивности напряжений $\xi_u(\sigma_u)$, которые построены по результатам эксперимента на растяжение плоских образцов;

t_ϕ – время формоизменения заготовки, с.

По полученным зависимостям рассчитаны режимы деформирования для СПФ полусферы из листового материала толщиной $S_0 = 1 \text{ мм}$ через отверстие матрицы радиусом $R = 60 \text{ мм}$, при этом конечная относительная высота купола составила $H = h/R = 1,0$.

На рисунке 1 представлена графическая зависимость времени формовки t_ϕ от интенсивности скоростей деформации ξ_u , при которой осуществляется процесс формоизменения. При этом $\xi_{u_{\min}}$ и $\xi_{u_{\max}}$ соответствуют нижней и верхней границам скоростного интервала, при котором наблюдается эффект сверхпластичности. Для сплава ВТ6с данный интервал составляет $0,8 \cdot 10^{-3} \leq \xi_u \leq 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. На рисунке 2 представлены графики требуемого давления газа P от времени формоизменения t_ϕ .

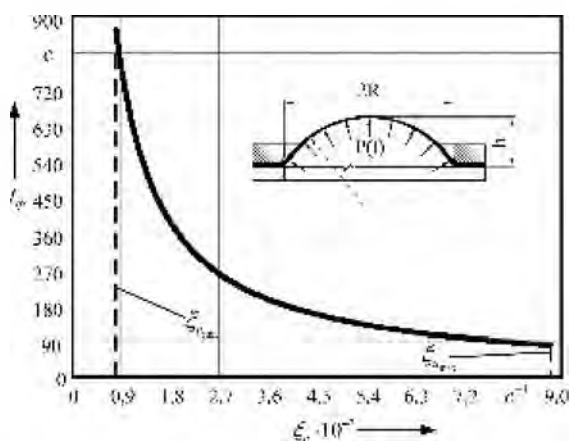


Рисунок 1 – График зависимости времени формовки t_ϕ от интенсивности скоростей деформации ξ_u при $H = h/R = 1$ для сплава ВТ6с

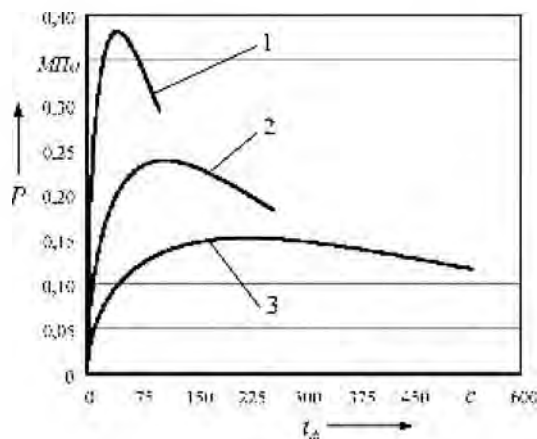


Рисунок 2 – Графики зависимости давления газа P от времени формовки t_ϕ :

- 1 – $\xi_u = 7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, 2 – $\xi_u = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.
3 – $\xi_u = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Как видно из рисунка 1 время СПФ возрастает с уменьшением интенсивности скоростей деформации, причем при $\xi_{u_{\min}} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ время формоизменения составляет около 870 секунд, при $\xi_{u_{\max}} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ – около 80 секунд. Из рисунка 2 видно, что с увеличением скорости деформации диапазон изменения давления газа также увеличивается (от 0 до 0,38 МПа при $\xi_u = 7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$), при этом, в силу ограниченных возможностей оборудования, возможен случай невозможности выполнения технологической операции.

Таким образом, выбор режима деформирования при СПФ влияет на продолжительность процесса формоизменения, а также на технические требования предъявляемые к оборудованию.

УДК 621.762

Методика расчета конструкторско-технологических параметров станов для прокатки порошков

Студент гр. 104414 Леонович С.М.

Научный руководитель – Ложечников Е.Б.

Белорусский Национальный Технический Университет

г. Минск

Целью настоящей работы является обобщение условий и разработка методики расчета конструкторско-технологических параметров прокатки порошков и кусковых материалов в уплотненный полуфабрикат (ленту и др.) или в режиме измельчения – в высокодисперсное состояние.

Особенности и отличия свойств порошковых материалов от твердых компактных материалов (сыпучесть, изменение объема) предопределили особенности и условия их обработки давлением в валках. Сыпучесть порошкового материала, а следовательно, отсутствие «жесткого конца» в сечении захвата, обуславливают необходимость в постоянном заднем подпоре порошкового материала на валки, реализуемом обычно гравитационными силами при

обработке в вертикальном направлении. Угол захвата α_m порошкового материала валками и соответствующее ему сечение захвата H (рисунок 1) определяются углами контактного с валками φ_T , и межчастичного φ трения согласно выражению:

$$\alpha_m = 0,5(\varphi_T + \arcsin(\sin \varphi_T / \sin \varphi)) \quad (1)$$

Уменьшение объема пор в обрабатываемом в валках порошковым материале обуславливает возникновение встречного движению материала потока воздуха, увеличивающегося с увеличением скорости обработки в валках, что приводит к уменьшению количества захватываемого и уплотняемого порошкового материала, а следовательно, к уменьшению давления и плотности полос. Из этого следует возможность обработки в валках порошковых материалов в ограниченном диапазоне скоростей, разным для разных материалов.

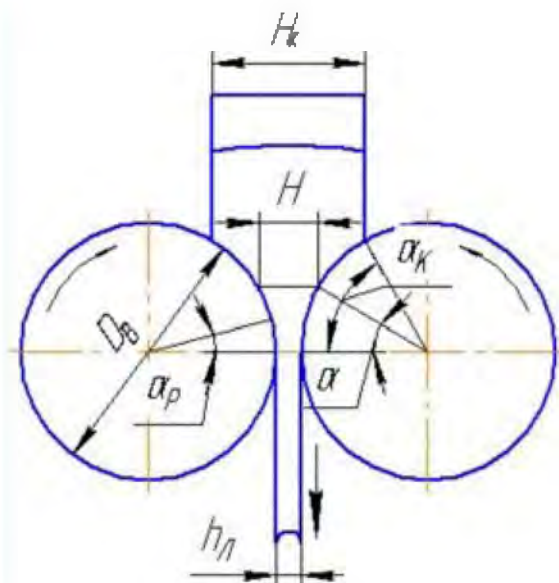


Рисунок 1 – Угловые параметры измельчаемых порошковых материалов в валковых мельницах

Из условия постоянства массы захватываемого валками порошкового материала при $\alpha \approx const$ наибольшая толщина $h_{n \max}$ уплотненного в полосу порошкового материала составляет $h_{n \max} = 0,01D_B$, а произведение толщины на плотность полосы

$$h_n \rho_n \cong C_n \cong const, \quad (2)$$

то есть уменьшение или увеличение толщины полосы приводит к увеличению или уменьшению ее плотности, а следовательно согласно $\rho_n = \rho_n + k\sigma_1^m$ (k и m – устанавливаемые экспериментально параметры) давлению σ_1 и действующим на валки усилиям P_B , моменту и мощности их привода $M_{кр2}$ и N .

Проектирование прокатного стана базируется на основе данных о свойствах исходного материала и конечного продукта, обеспечивающего поставленную цель, а также объемах производства (производительности). Свойства исходного материала и продукта его переработки определяются лабораторными исследованиями и при возможности по справочной литературе. Расчеты и принятие технических решений базируются на установленных экспериментально результатах и аналитических решениях в последовательности, представленной ниже.

1. Задание на проектирование с указанием материала, цели его обработки и производительности.

2. Лабораторные исследования с определением: $\rho_H; \alpha_0; \varphi; c; \varphi_T$; сортамента проката на пилотной мельнице $C_{II} = \rho_{II} \cdot h_{II}$; диаграммы прессования и гранулометрического состава исходного материала и продуктов измельчения на пилотной мельнице.

3. Расчет параметров процесса:
 $\alpha = 0,5(\varphi_T + \arcsin(\sin \varphi_T / \sin \varphi))$; $\alpha_P = 0,3\alpha$; $h_{\max} = 0,01D_B$; $B \geq 0,1D_B$;
 $C_{II} = C_{II} D/D_B$; $v_{II} = Q/3600B \cdot C_{II}$; $n_B = 60v_{II}/\pi D_B$.

4. Расчет энергосиловых параметров:

$$\sigma = (k_{\sigma} \sigma_s - 2c \cdot \cos \varphi) v_{\sigma} / 2 \sin \varphi;$$

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin \varphi) - \sigma_c;$$

$$P_B = 0,25\sigma_1 B D_B \alpha_P;$$

$$R = 0,5D_B;$$

$$M_{кp1} = 0,25\psi \cdot \sigma_1 \cdot B \cdot D_B^2 \cdot \alpha_P^2; \psi \approx 0,33;$$

$$M_{кp2} = 2M_{кp1};$$

$$N = M_{кp2} \cdot n_B / 974.$$

Металлургические процессы

Одним из самых важных направлений развития металлургической промышленности является повышение качества выпускаемой продукции. Такой подход к развитию металлургии позволяет удовлетворить потребности потребителей в металлургической продукции при сокращении затрат и меньших объемах производства. А если учесть условия постоянного повышения требований, предъявляемых к качеству металлов, встает вопрос о необходимости создания эффективных систем интеллектуальной диагностики и контроля качества металлургической продукции.

Металлургическая продукция проходит комплекс проверок в заводских лабораториях по многим видам контроля. Из множества видов анализов данной продукции следует выделить металлографию как науку о кристаллической структуре металлов и сплавов. Данный вид анализа является наиболее информативным и определяет необходимость эффективного контроля продукции.

Стремительное развитие вычислительной техники и методов цифровой обработки изображений в последнее время дало возможность значительно расширить автоматизацию научно-исследовательских работ во многих областях науки и техники. Применение ЭВМ и методов обработки изображений в металлографии позволяет избежать ошибок связанных, в первую очередь, с утомлением исследователя, которое возникает вследствие необходимости анализа большого объема информации в процессе работы. Все это делает актуальным создание системы анализа изображений металлургических микрошлифов.

Бурный рост информационных технологий позволил вывести на новый уровень:

- Скорость вычислений;
- Разрешающую способность микроскопов;
- Интегрирование ЭВМ и аппаратных устройств.

Данные предпосылки обеспечивают возможность развития нового подхода к металлографии, которую можно условно назвать цифровой металлографией. Анализ шлифа при данном подходе сводится к изучению файлов изображений. В качестве анализируемой цветовой модели оптимальным решением будет выбор аддитивной цветовой модели RGB (рисунок 1), так как цветовая модель RGB нашла широкое применение в технике и методах обработки изображений.

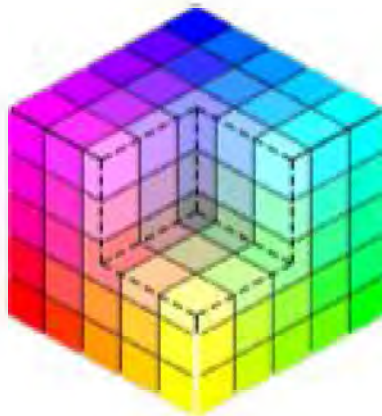


Рисунок 1 - RGB-цветовая модель, представленная в виде куба

Наиболее важная информация, на основании которой осуществляется анализ изображений, содержится в 3-х двумерных матрицах (записанных в файловых форматах изображений), и включает в себя значения интенсивности цвета:

- матрица красного цвета;
- матрица зеленого цвета;
- матрица синего цвета.

Размер данных матриц равен разрешению изображения. Используя математические преобразования матриц, можно получить большой объем информативных параметров изображений, например соотношение различных фаз на шлифе с микроструктурой исследуемого сплава.

В настоящей работе представленная модель обработки изображений реализована в виде программы на языке C++. Проведены тестовые испытания разработанного программного модуля, которые показали возможность практического применения разработки для анализа и контроля изображений различных технических объектов и микроструктур.

Обоснование экономической целесообразности производства металлургического сырья на базе железорудных месторождений Республики Беларусь

Студент гр. 104134 Кузина М.А.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский государственный университет
г. Минск

Целью настоящей работы является анализ способов производства металлургического сырья на базе железорудных месторождений Республики Беларусь и оценки экономической целесообразности производства.

Разработка железорудных месторождений с невысоким содержанием железа привела к появлению нового способа окучивания руд – производству окатышей. Железорудные окатыши представляют собой сырье для сталеплавильных агрегатов и доменных печей. Они также используются в процессе получения железа, их можно подвергать металлургической, т.е. частичному восстановлению. Тенденция к дальнейшему увеличению производства окатышей в черной металлургии связана со все большим использованием бедных руд и глубокой степенью их обогащения с получением тонкоизмельченных концентратов.

В Беларуси к наиболее крупным месторождениям железных руд относятся - Околовское и Новоселковское.

Новоселковское месторождение расположено в Кореличском районе Гродненской области в 2 км юго-западнее д. Новоселки. Дорифейский кристаллический фундамент залегает здесь на глубине 148 - 176 м. Среднее содержание общего железа на месторождении 31 % (при бортовом 20 %), а диоксида титана - 5,41 % в сплошных рудах и 3,02 % во вкрапленных. Концентрация ванадия в рудах составляет 0,028 - 0,066 %, серы - до 1,3 %, фосфора - до 0,06 %. Магнетит в количестве до 35-60 % присутствует в виде агрегатов зерен размером от 0,05-0,1 до 3-5 мм. Ильменит составляет 15-30 % общей массы рудных минералов.

Околовское месторождение расположено в Столбцовском районе Минской области, в окрестностях д. Околово и д. Шашки, в 30 км севернее Столбцов. Рудные тела, сложенные магнетитовыми и силикатно-магнетитовыми кварцитами, выходят на поверхность кристаллического фундамента, залегающего на глубинах 220 - 360 м. Руды месторождения содержат: кварц (35-70 %), магнетит (10-50 %), амфибол (5 - 25 %), незначительные количества хлорита, кальцита, граната, пироксена, апатита, биотита, пирита, халькопирита, ильменита, шпинели. Среднее содержание общего железа по месторождению 23,91 %, фосфора - до 0,34 %, серы - до 0,11 %. Содержание петрохимических компонентов в рудах достигает следующих усредненных значений: диоксида кремния - 44,35%, диоксида титана - 0,29 %, триоксида алюминия - 3 %, оксида железа - 16,6 %, триоксида железа - 25,4 %, оксида кальция - 4,64 %, оксида магния - 2,8 %, оксида марганца - 0,15 %, оксида натрия - 0,47 %, оксида калия - 0,11 %, пентаоксида фосфора - 0,86 %, следы триоксида серы.

Идея создания горно-металлургической отрасли в республике не является новой. В начале 70-х годов прошлого столетия после открытия Околовского месторождения в Белорусском политехническом институте на кафедре «Литейное производство черных и цветных металлов» проводились работы по изучению возможности создания собственной горно-металлургической отрасли в республике. Позже, вопросом возможности переработки и дальнейшего использования белорусских железных руд занимались сотрудники кафедры «Металлургические технологии»

Получение магнетитового концентрата для производства металлургических окатышей осуществлялось по схеме с измельчением исходной руды по крупности 90% класса 0,074-0 мм с последующей электромагнитной сепарацией. Химический анализ и минералогический состав полученного концентрата приведены в табл. 1, 2.

Согласно данным табл. 1, в концентрате содержится 66,3% железа, 0,75% двуоксида титана, 2,7% кремнезема и 0,9% серы. Концентрат представлен в основном магнетитом (89%). Значительный процент (0,7%) составляют сульфиды; 8,8% силикатов в большинстве своем нерудные минералы. Полученный концентрат подвергался дальнейшим подготовительным операциям перед плавкой.

Таблица 1 – Химический состав магнетитового концентрата и бентонита

Пиктовой материал	Содержание компонентов														
	Fe _{общ}	Feo	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	S	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	прочие
Белорусский концентрат	66,3	30,4	61,0	2,70	2,10	0,081	0,38	0,12	0,39	0,75	0,019	0,17	0,019	0,17	0,74

Таблица 2 – Минералогический состав магнетитового концентрата, %

Исходная руда	Магнетит	Ильменит	Сульфиды	Силикаты
Общее количество	89,0	1,5	0,7	8,8
Fe	64,5	0,6	0,3	0,9

Выбор технологии переработки железных руд металлургической отрасли является комплексной задачей, включающей экономические факторы (капитальные и эксплуатационные затраты, себестоимость продукции, условия производства) и технические аспекты (состав шихты, физические и металлургические свойства).

Наиболее изученными и промышленно освоенными процессами являются производство металлизированных окатышей по технологии Midrex и получение жидкого чугуна с использованием технологии Corex.

Процесс Midrex получил наибольшее распространение и является наиболее освоенным в промышленном аспекте. Восстановление железа по этой технологии основано на извлечении химически связанного кислорода из оксидов железа восстановительным газом, который вырабатывается в реформере из смеси оборотного технологического и свежего природного газов (при температуре 800-850 °С). Традиционный процесс производства металлизированных окатышей проводится в шахтных печах с использованием восстановительного газа (30% CO, 70% H₂), получаемого путем конвертирования природного газа.

Установка Corex представляет собой практически доменную печь, разделенную на два агрегата. Предварительное твердофазное восстановление окускованного железосодержащего сырья осуществляется в шахтной печи (в течение 7-9 ч) отходящим газом из плавильной камеры. Степень металлизации составляет около 93%. Затем через герметичную загрузочную систему уголь и горячий продукт подаются сверху в плавильный реактор-газификатор, в котором происходит плавление губчатого железа и окончательное восстановление оксидов железа из шлака, в основном углем.

Результаты расчета себестоимости металла по различным технологиям с учетом удельных капитальных затрат на строительство установок, расходных норм для сырья и ресурсов, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов ориентировочных капитальных затрат на строительство установок и себестоимости продукции

Процесс	Годовая мощность установки, тыс.т	Капитальные затраты на строительство установки, млн.долл.	Себестоимость товарной продукции, долл. США/т
COREX-3000	1400	368	75
MIDREX	1800	350	105-110

В результате проведенного анализа выявлено, что наиболее экономичным является производство непрерывнолитых слэбов (в перспективе листопрокатной продукции) на базе получения жидкого чугуна по технологии Corex.

УДК 693.22.004.18

Модернизация кузнечного цеха РУП МАЗ с целью снижения производственных затрат

Студент гр.104134 Шибут А.В.
 Научный руководитель – Ратников П.Э.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к замене в кузнечном цехе камерной печи периодического действия на кузнечный индукционный нагреватель для снижения производственных затрат.

Результаты исследования и эксплуатационные данные в области использования газа в промышленности показывают, что до сих пор еще печи работают со значительным перерасходом газа вследствие недостаточно эффективно организованного теплообмена, несовершенства горелочных устройств, больших потерь тепла с уходящими газами, химического недожога, больших внешних тепловых потерь и потерь тепла на аккумуляцию. Все это приводит к тому, что многие печные агрегаты имеют низкий коэффициент полезного действия (для камерных печей-10-20%). Внешние потери тепла через ограждения печей (стены, свод, под) составляют 10—12% (а иногда и больше) от всего расхода тепла. Повышенные потери тепла приводят не только к увеличению расхода топлива, но и к снижению пирометрического коэффициента печи, вследствие чего затруднительно получить более высокие температуры и повысить производительность. Это обстоятельство особенно важно учитывать при работе печей.

Анализ тепловых балансов нагревательных печей показывает, что основной причиной низкой эффективности являются - большие безвозвратные потери тепла с уходящими газами.

При нагреве в газовой печи имеет место более интенсивное окисление и в результате этого повышенный угар металла, что вызывает необходимость увеличения допусков и припусков. При газовом нагреве трудно получить минимальное обезуглероживание поверхностного слоя, а также обеспечить защиту от запрессовки окалины в готовое изделие.

Преимуществом газовых печей является их универсальность, что позволяет осуществлять нагрев заготовок любой конфигурации, сравнительно небольшая стоимость оборудования. Однако камерные топливные печи имеют существенные недостатки: низкую удельную производительность и высокий расход топлива, низкая скорость нагрева и, как следствие этого, большие габариты печей, значительное окалинообразование, ухудшение структуры металла; трудность создания механизированных и автоматизированных нагревательных устройств; тяжелые санитарно-гигиенические условия труда.

Эти недостатки могут быть значительно уменьшены путем применения в кузнечных цехах электронагрева металла. При индукционном нагреве окалинообразование незначительно, облегчается возможность механизации и автоматизации процесса и вследствие отсутствия теплового контакта улучшаются санитарно-гигиенические условия труда. Особые преимущества имеет индукционный метод нагрева в автоматических и поточных линиях, где необходимы постоянная готовность к работе, небольшие размеры нагревательного устройства в потоке и высокая ремонтоспособность. Благодаря высоким удельным мощностям удается получить значительно большие скорости нагрева, чем при газовом нагреве в камерной печи.

Изменение экономики кузнечного производства при переходе от газового нагрева заготовок к индукционному характеризуется следующим:

1. Изменяется использование энергоресурсов. Применение индукционного нагрева освобождает кузнечные цехи от расходования газа и заменяет его электроэнергией, которая может вырабатываться на гидроэлектростанциях или на тепловых электростанциях, работающих на дешевом и недефицитном топливе (торфе, сланце, низкосортном угле и т. д.).

2. Изменяется технология кузнечного производства. Появляется возможность штамповки поковок с уменьшенными припусками на механическую обработку. Экономия металла за счет сокращения припусков и уменьшения образующейся окалины при нагреве достигает 8—10% от общего веса обрабатываемого в цехе металла.

3. Изменяется состав и размеры капитальных затрат. Здания кузнечных цехов с использованием индукционного нагрева сокращаются в объеме за счет экономии производственных площадей, что удешевляет строительство.

4. Возрастает производительность труда в кузнечном производстве в среднем на 30%. Повышение производительности штамповки деталей в этом случае происходит за счет непрерывности работы нагревательного устройства и ковочного механизма, сокращения числа переходов при штамповке деталей на механических ковочных прессах.

5. Изменяется состав рабочей силы, уменьшается число занятых на обслуживании нагревательных устройств рабочих и повышается их технический уровень.

6. Сокращаются расходы на инструмент. Повышение стойкости штампов в среднем на 50% происходит за счет равномерного и стабильного нагрева металла и меньшего количества окалины на заготовках.

7. Уменьшается брак при штамповке деталей за счет равномерности и стабильности температуры металла с 5—7% до 1,2%.

8. Улучшаются условия труда рабочих.

Использование индукционного нагрева создает ряд источников экономии средств для предприятия, которые могут быть учтены лишь при тщательном и глубоком рассмотрении вопроса. Такими источниками экономии являются, например, выгоды для предприятия, создаваемые возможностью резкого повышения выпуска металла, машин, оборудования и т. д.; экономия металла при последующей за ковкой и штамповкой механической обработке деталей; сокращение расходов на строительство зданий и сооружений. Если эти источники экономии будут учтены, то экономические показатели индукционного нагрева металла будут говорить о бесспорной целесообразности применения его в металлургической и машиностроительной промышленности.

УДК 621

Разработка мероприятий, направленных на совершенствование производства и повышения качества отливок, изготавливаемых на участке латунного литья сепараторного цеха ОАО «МПЗ»

Студент гр. 104134 Юрчак А. Н.

Научный руководитель – Корнеев С. В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является разработка мероприятий, которые бы улучшили качество, повысили производительность и при этом снизили энергопотребление при получении латунных отливок.

Качество получаемых отливок в данном случае имеет особое значение, так как это первый этап в изготовлении латунных сепараторов подшипников. Визуально трудно, а часто невозможно, выявить ряд

некоторых дефектов отливки. В результате, такая отливка подвергается дальнейшей обработке, затрачивая на себя время и средства, а в конечном итоге бракуется.

На рассматриваемом участке цеха существуют возможности повышения качества и совершенствования производства. Для плавки латуни здесь применяются однофазные индукционные двухканальные печи. Индукционные каналные печи при плавке цветных металлов имеют следующие преимущества над другими типами плавильных устройств. Во-первых, в них происходит интенсивная циркуляция металла, которая ускоряет процесс плавки и обеспечивает однородность сплава. Во-вторых, они имеют низкий угар металла, что особенно важно при плавке латуни.

Вместе с тем, установленные в цехе индукционные каналные печи 1977 г. выпуска устарели морально и физически и требуют существенной реконструкции либо замены на новые, более производительные и энергосберегающие. Кроме того, существующие на предприятии технологии рафинирования значительно устарели. Для рафинирования сплава предприятием используется только сильвинит, который, несмотря на свою дешевизну, не обладает отличными свойствами и существенно влияет на качество отливок.

В данной работе будет рассмотрен флюс, обладающий лучшими рафинирующими свойствами, чем сильвинит. Кроме этого в работе рассмотрены методы обработки расплава, способные повысить его жидкотекучесть, что важно при разливке и снизить угар составляющих сплав элементов.

УДК 693.22.004.18

Разработка технологии выплавки кордовой стали в условиях ЭСПЦ-1

Студент гр.104134 Крышнёв В.А.
Научный руководитель – Ратников П.Э.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является:

1) исследование возможности получения качественной кордовой катанки в условиях РУП БМЗ из литой заготовки сечением 125×125 мм без вакуумирования;

2) разработка комплекса мероприятий, в первую очередь обоснование и выбор оборудования, позволяющего получить качественную кордовую сталь. Для достижения данной цели необходимо решить ряд следующих задач: снизить негативное влияние кислорода воздуха на струю металла, разработать технологию вакуумной очистки стали, продемонстрировать устройство для усовершенствования температурно-скоростного режима.

В центре внимания всех изготовителей металлокорда стоят вопросы снижения производственных затрат, что стимулирует проведение работ по уменьшению обрывности латунированной проволоки, разработке новых материалов и совершенствовании технологии плавки.

В данной работе предлагается отказаться от существующей схемы производства кордовой катанки ЭСПЦ-2 – стан 850 - стан 150 и перейти на схему ЭСПЦ-1 – стан 150, тем самым исключить передел осуществляемый на стане 850. Это позволит снизить себестоимость производства кордовой катанки, тем самым увеличив её конкурентоспособность на рынке металлокорда. Для этого, предлагается разработать технологию выплавки кордовой стали в ДСП-2, с применением агрегата “печь-ковш” без вакуумирования и последующей разливкой на МНЛЗ-2, с получением заготовки сечением 125×125 мм в ЭСПЦ-1.

Осуществить на практике данный замысел стало возможным с завершением работы по монтажу установки ковш-печь в ЭСПЦ-1. С освоением установки производство стали на БМЗ возрастёт до 1,7 млн т. в год. Реализация данного проекта, наряду с повышением производительности, сделает возможной выплавку стали для металлокорда в условиях ЭСПЦ-1, а это в свою очередь даст возможность увеличить производство кордовой катанки для продажи на внешнем рынке, тем самым повысив рентабельность РУП «БМЗ».

Ожидаются следующие результаты от внедрения установки "ковш-печь"

1. Продолжительность плавки в ДСП сократится на 7-10 минут, что позволит увеличить производство стали на 105 тыс. тонн годной заготовки.

2. Расход электродов на тонну годной стали снизится с 3,2 кг/т до 2,9 кг/т, т.е. на 0,225 кг/т.

3. Расход извести снизится с 52 кг/т до 43 кг/т, что позволит частично покрыть дефицит извести в условиях БМЗ.

4. Расход огнеупоров за счет увеличения серийности снизится в среднем на 0,658 кг/т.

5. Вследствие улучшения организации производства в ЭСПЦ-1 и увеличения гибкости процесса, будут практически исключены переливы металла в печь, которые составляют более 4 тыс. тонн.

С вводом установки "ковш-печь" коренным образом изменится технология ЭСПЦ-1. Станет возможным проведение на установке "ковш-печь" глубокой десульфурации (до содержания серы менее 0,015%), тонкой доводки по углероду, модифицирующей обработки кальцием, бором и другими активными элементами. В сочетании с организацией защиты струи металла на МНЛЗ-1,2 и разливки под уровень открывается возможность радикально изменить сортамент марок сталей в ЭСПЦ-1.

После ввода в эксплуатацию установки "ковш-печь" будут созданы условия получения литых заготовок из качественных сталей для холодной высадки (ГОСТ 10702), конструкционных (ГОСТ 1050), высокоуглеродистых, в т.ч. кордовых, а также низкоуглеродистых (с 0,10% до 0,12%) с последующим перекатом на стане 150. Таким образом, реконструкция оборудования сталеплавильного производства органично вписывается в общую программу технического перевооружения БМЗ, гарантирует при этом высокое качество продукции и ритмичность производства, обеспечивает уверенное движение вперед.

УДК 643.846.043

Коррозионная стойкость деформированной стальной арматуры

Студент гр.ТО-08с Педан Д.Н.
Научный руководитель – Алимов В.И.
Донецкий национальный технический университет
г. Донецк, Украина

Коррозия стальной арматуры является распространенной причиной потери прочности и устойчивости конструкций из железобетона. Развитие коррозии арматуры в зависимости от условий ее работы и свойств металла может привести к наступлению преждевременному пластическому течению стержней или к их хрупкому обрыву. Путем термического упрочнения мы повышаются механические свойства, но одновременно с этим увеличивается вероятность коррозионного разрушения арматуры. Основными причинами такого разрушения могут быть деформация при нагружении, статистические и динамические нагрузки, а также натяжение арматуры при укладке в бетон, форс-мажорные обстоятельства при эксплуатации.

Для оценки влияния деформации на коррозионную стойкость арматурной стали в данном исследовании образцы из стали Ст3пс подвергали растяжению до разрыва. Затем разорванные образцы резали на части с разными степенями деформации и подвергали коррозии в 10 % -м растворе H_2SO_4 , водопроводной и морской воде. Оценка коррозионной стойкости производили по показателю коррозии K_m , изменение которого, в зависимости от степени деформации, приведено в таблице 1. Типичное изменение показателя коррозии в зависимости от степени деформации, показано на рисунке 1.

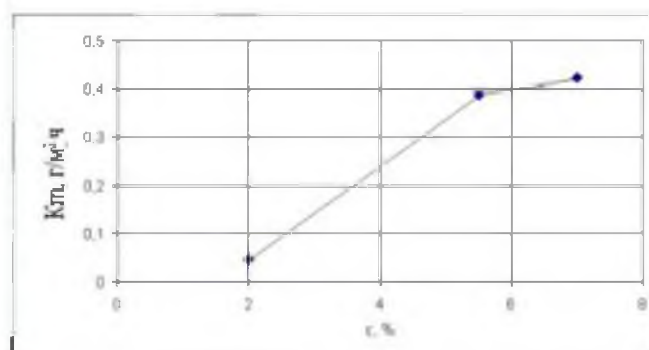


Рисунок 1 – Зависимость показателя коррозии при испытании в морской воде от степени деформации

Из рисунка видно, что с увеличением степени деформации показатель коррозии возрастает, следовательно, чем большей деформации будет подвергаться металл во время эксплуатации, тем быстрее он будет корродировать и быстрее может произойти разрушение.

Как видно из таблицы в более широком интервале степеней обжатия (1-60 %) также проявляется тенденция активизации коррозионного разрушения под влиянием степени холодной деформации. В подкисленном водном растворе коррозия арматурной стали протекает намного интенсивнее, нежели в водопроводной и морской воде; видно, что агрессивность морской воды, в основном, выше, чем водопроводной, хотя степень деформации также может оказывать определяющее значение. С течением времени (испытания в пределах $\frac{1}{2}$ - 1 месяц) наблюдается некоторая стабилизация коррозионной стойкости и в ряде случаев она уменьшается по отношению к первому периоду испытания, что объясняется образованием на поверхности металла продуктов коррозии, выполняющих частично защитные функции.

Таблица 1 – Влияние деформации на коррозионную стойкость арматуры из стали 3пс

Степень деформации, %	Твердость, НВ	10%-й раствор H ₂ SO ₄ , ч	Водопродная вода, дни						Морская вода, дни						
			0,5	Км ⁺ , г/м ² ·ч						Км ⁺ , г/м ² ·ч					
				1	3	6	9	12	15	1	3	6	9	13	20
1,8	163	43,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0188	0,0497	0,0359	0,0431	0,0895	0,0417	0,0392
3,4	181	43,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5726	0,4691	0,5956	0,4091	0,3426	0,1639	0,1615
7	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4546	0,5833	0,5871	0,6600	0,3960	0,1400	0,1390
13,3	-	-	0,490	0,370	0,150	0,146	0,116	0,160	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	0,110	0,190	0,140	0,145	0,098	0,100	-	-	-	-	-	-	-
21,9	-	-	0,110	0,300	0,160	0,140	0,120	0,115	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	0,160	0,980	0,110	0,177	0,168	0,270	-	-	-	-	-	-	-
31,4	197	88,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47,4	-	-	0,280	0,360	0,169	0,163	0,146	0,137	-	-	-	-	-	-	-
58,5	215	72,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таким образом, в настоящем исследовании показано, что деформации арматурной стали разной природы и происхождения активизируют процессы коррозионных разрушений.

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

Исследование предварительного и послесварочного подогрева на величину ударной вязкости при сварке высокопрочных легированных сталей

Студенты гр. 104817 Громов С.А., Левицкий А.Г.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет г. Минск

Целью данной работы является исследование предварительного и послесварочного нагревов, а именно температуры и длительности процессов на изменение ударной вязкости при сварке высококачественных легированных сталей: 14ХГ2САФД и 12ГН2МФАЮ.

Применение предварительного подогрева высокопрочных легированных сталей перед сваркой вызвано необходимостью повышения сопротивляемости сварных соединений образованию холодных трещин. Интервал предварительного нагрева значительно широк - от 50 до 250 °С и определяется химическим составом сталей, толщиной свариваемых изделий, особенностями свариваемых конструкций и др.

В некоторых случаях при сварке высокопрочных легированных сталей необходим также послесварочный подогрев ($T_{п.п.}$) или «отдых». Как правило, рекомендуемая температура отдыха колеблется от 200 °С, а продолжительность этой операции составляет около 10 ч.

Учитывая время, затрачиваемое на предварительный подогрев, сварку, послесварочный подогрев, можно сказать, что сварочные соединения из высокопрочных легированных сталей находятся длительное время нагретыми при 200°-250 °С. Это способствует старению отдельных структурных зон и сварного соединения в целом. Интенсивность старения особенно заметна при содержании в металле растворённого азота более 0,003% и ускоренном охлаждении ниже температуры A_{C1} , что связано, по литературным данным, с выделением нитридов железа $\alpha-Fe_{16}N_2$. Старение сварных соединений рассматриваемых сталей возможно также в случае длительного нагрева при температуре 130-150 °С.

Высокопрочные легированные стали 13ХГМРБ и 12ГН2МФАЮ содержат 0,02-0,03% азота, а также значительное количество карбидо- и нитридообразующих элементов (алюминия, ванадия, хрома, ниобия, молибдена), а их суммарное содержание составляет: $\sum Al, V, Nb = 0,01 - 0,04\%$. Введенные легирующие элементы, с одной стороны, придают прочностные и другие свойства сталям, а с другой – способствуют протеканию процессов старения в зоне термического влияния (ЗТВ). В результате этого снижается не только ударная вязкость сварных соединений, но и их сопротивляемость замедленному разрушению.

Стыковые соединения сталей 13ХГМРБ и 12ГН2МФАЮ с х-образной разделкой кромок, толщиной 12 мм были сварены проволокой Св08ХН2ГМЮ диаметром 1.2 мм в смеси $Ag+CO_2$ при $q_{св}=14$ кДж/см. Осуществляем предварительный нагрев соединений при температуре 20-250 °С, а также предварительный нагрев в сочетании с послесварочным.

Выбор температур $T_{п}$ и $T_{п.п.}$ основан на известных технологических рекомендациях и опыте изготовления сварных конструкций из высокопрочных сталей в условиях производства. Данные по содержанию карбидо- и нитридообразующих элементов в сталях 13ХГМРБ и 12ГН2МФАЮ, режимы предварительного и послесварочного нагревов, а также значения ударной вязкости сварных соединений названных сталей представлены в таблице.

Таблица 1 – Режимы предварительного и послесварочного нагревов, а также значения ударной вязкости сварных соединений

Марка стали	№ образца	Предварительный подогрев		Послесварочный подогрев	
		$T_{п}, ^\circ C$	$\tau, ч$	$T_{п.п.}, ^\circ C$	$\tau, ч$
13ХГМРБ	1	20	-	-	-
	2	20	-	130	2.0
	3	20	-	130	16.0
	4	130	1.5	-	-
	5	130	1.5	130	2.0
	6	130	1.5	130	4.0
	7	250	1.0	-	-
	8	250	1.0	250	4.0
	9	250	1.0	250	16.0
12ГН2МФАЮ	10	20	-	-	-
	11	130	1.5	-	-
	12	130	1.5	130	2.0
	13	250	1.0	-	-
	14	250	1.0	250	2.0
	15	250	1.0	250	4.0

Для моделирования и оптимизации значений ударной вязкости в зависимости от температуры и длительности нагрева был проведён эксперимент с использованием методов математического планирования. Результаты опытов приведены в таблице 1.

Таблица 2 – Матрица плана 9×10

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4
1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
2	-1	+1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
3	-1	+1	-1	+1	-1	1	-1	-1	-1	-1
4	-0.043	0	+1	-1	0	-0.043	+0.043	0	0	-1
5	-0.043	0	+1	+1	0	-0.043	-0.043	0	0	+1
6	-0.043	0	-1	-0.7	0	0.043	0.03	0	0	0.7
7	+1	0.5	-1	-1	0.5	-1	-1	-0.5	-0.5	1
8	+1	0.5	+1	-0.7	0.5	1	-0.7	0.5	-0.35	-0.7
9	+1	0.5	+1	+1	0.5	1	1	0.5	0.5	1

x_1, x_2, \dots - кодировочные уровни факторов.

Кодирование уровней факторов проводили по формуле:

$$x_i = \frac{x_i - 0.5(x_{i \max} + x_{i \min})}{0.5(x_{i \max} - x_{i \min})},$$

где x_i - кодированный уровень i -го фактора, $x_i, x_{i \max}, x_{i \min}$ – натуральные значения текущего максимального и минимального уровней i -го фактора.

После обработки результатов эксперимента и проверки значимости коэффициентов уравнений регрессии были получены следующие адекватные уравнения:

Сталь 12ГН2МФАЮ:

$$y = +30.5 x_1 + 28.6 x_3 - 14.5 x_2 x_3.$$

Сталь 13ХГМРБ:

$$y = -73.3 x_1 + 16 x_1 x_4 + 34 x_2 x_3.$$

Из уравнений видно, что на величину ударной вязкости сварных соединений сталей: 13ХГМРБ и 12ГН2МФАЮ сильное влияние оказывают: параметр предварительного нагрева, а также сочетание предварительного нагрева с течением времени.

УДК 621.762

Изготовление пористых порошковых материалов из ильменита

Студент гр. 104616 Сергеев М.В.

Научные руководители – Кусин Р.А., Хренов О.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является исследование возможности изготовления экспериментальных разцов пористых порошковых материалов (ППМ) на основе ильменита. Поставленная цель объясняется тем, что одним из перспективных методов улучшения литейных материалов является легирование отливок с помощью пористых элементов на основе ильменита.

Ильменит относится к оксидам и представляет собой порошок черного цвета со стально-серым блеском часто с малиновым или пурпурным оттенком, содержащим FeO – 47,3 и TiO₂ – 52,7 %. Химический состав его непостоянен и обычно содержит Fe₂O₃, а также примеси Mg, Mn⁺², Sn, Co, Ni.

На рис. 1 представлен внешний вид частиц ильменита, на рис. 2 – распределение частиц по размерам в исходном порошке, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Анализ данных, приведенных в табл. 1 показывает, что обеспечить заданную пористость без использования порообразователя не представляется возможным. Кроме того, необходима относительно высокая температура спекания

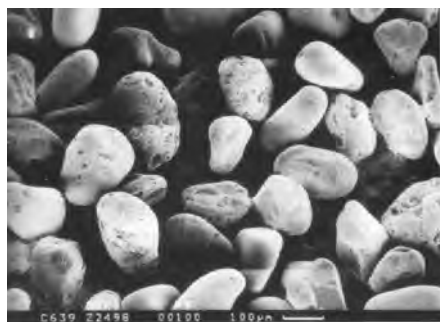


Рисунок 1 – Исходный порошок ильменита

В качестве порообразователя была использована мочевина (карбамид): она легко доступна, относится к наполнителям, которые наиболее часто используются в практике порошковой металлургии, обладает эффектом смазки в процессе прессования, не загрязняет получаемые изделия продуктами распада.

Таблица 1 – Технологические характеристики исходного ильменита

Наименование	Плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	Плотность утряски, г/см ³	Текущность, с
Метод определения	(ГОСТ 18898-89)	(ГОСТ 25279-93)	(ГОСТ 25279-93)	(ГОСТ 20899-75)
Значение	4,0	2,12	2,19	46

Содержание, %

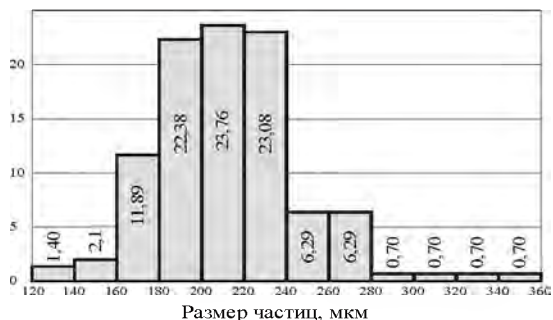


Рисунок 2 – Распределение частиц по размерам в исходном порошке ильменита

Содержание, %

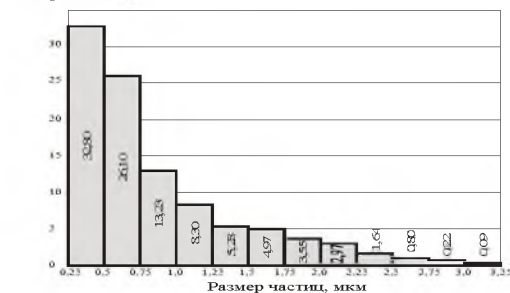


Рисунок 3 – Распределение частиц по размерам в молотом порошке ильменита

Для повышения активности частиц ильменита при спекании исходный порошок был подвергнут размолу в шаровом атриторе. На рис. 3 приведена гистограмма распределения частиц по размерам молотого порошка ильменита. Сравнение элементных составов исходного и подвергнутого размолу порошков ильменита, выполненное по результатам рентгеноструктурного (Рис. 4) и микрорентгеноспектрального анализа, с учетом погрешности измерений показало их тождественность.

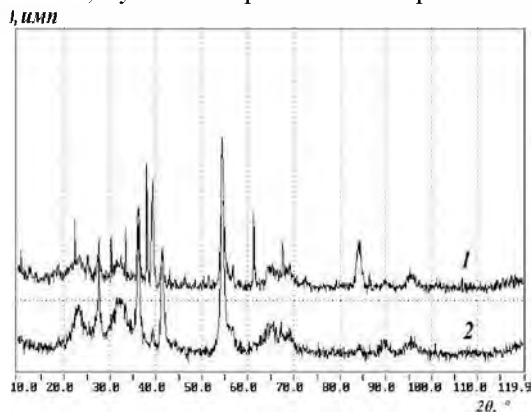


Рисунок 4 – Рентгенограммы исходного (1) и молотого порошков ильменита (2).

Интенсивность абсолютная: для образца исходного ильменита (1) – 462; для образца молотого ильменита (2) – 353. Тип анода – Cu

Для расширения технологических возможностей шихты для прессования образцов приготавливали трех составов: по первому варианту – гранулирование молотого порошка ильменита с использованием порообразователя при отношении объема мочевины к объему порошка ильменита 1,8 с выделением фракции (-630 +100) мкм; по второму варианту – смешивание порообразователя в виде порошка фракции (-400 +315) или (-200 +160) мкм с молотым порошком ильменита при соотношении их объемов 1,8.

Образцы формовали путем прессования, спекали на воздухе и измеряли их свойства. Результаты исследования приведены в табл. 2

Таблица 2 – Свойства экспериментальных образцов

Состав шихты	Пористость, % (ГОСТ 18898-90)	Средний размер пор, мкм (ГОСТ 26849-86)	Коэффициент проницаемости, м ² , x10 ¹³ (ГОСТ 25283-93)
Гранулы (-600+100) мкм	57,5±2,5	6±3	30±10
Смесь порошка ильменита с порошком порообразователя фракции (-400+315) мкм	57,5±2,5	25±5	50±15
Смесь порошка ильменита с порошком порообразователя фракции (-200+160) мкм	57,5±2,5	40±10	120±20

В результате исследования обосновывается возможность получения экспериментальных образцов с регулируемыми свойствами.

Поставленная цель объясняется тем, что одним из перспективных методов улучшения литейных материалов является легирование отливок с помощью пористых элементов на основе ильменита, пропитанных специальными добавками.

УДК 621.793

Получение керамических огнеупорных материалов на основе аломотермических реакций при использовании алюминиевого шлака

Студентка гр.104615 Букато Н.Ю.¹

Аспирантка Згурская А.А.²

Научные руководители – Волочко А.Т., Саранцев В.В.

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Введение. В условиях истощения природных ресурсов одной из актуальных проблем является поиск путей наиболее эффективного использования отходов переработки металлов и сплавов. Одним из перспективных направлений переработки алюминиевого шлака является использование его после переработки (механического измельчения и отсева) при создании керамических огнеупорных материалов (КОМ) для алюминиевого литья.

Постановка задачи и способ ее решения. Металлический алюминий используется в производстве КОМ для повышения эксплуатационных свойств [1,2]. Введение его в состав шихты обусловлено окислительно-восстановительными процессами, сопровождающимися образованием новых соединений. Основная идея использования алюминиевого шлака, содержащего металлический алюминий, заключается в упрочнении материала за счет реакций окисления металла, так как продукты реакции имеют меньшую плотность и сравнительно большой объем (вместо 1% SiO₂ возможно образование 1,13% Al₂O₃). Таким образом заполняются мелкие (капиллярные) поры и исключается просачивание в футеровку жидкого металла. Увеличение количества оксида алюминия в КОМ снижает интенсивность реакции взаимодействия расплавленного алюминия в тигле с оксидом кремния SiO₂ материала футеровки. Кроме того, алюминий, присутствующий в шлаке, образует фосфаты алюминия (например, силициевый метафосфат SiO(PO₃)₂ и др., которые также повышают шлакоустойчивость материала).

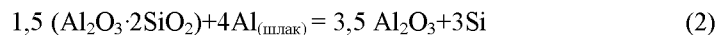
Результаты и их обсуждение. Исследования материала футеровки с использованием шлака различного фракционного состава выявили, что при размере частиц более 315 мкм при термообработке на внутренней поверхности тигля образуются капли (выплавки) диаметром 2–5 мм

Рентгеноструктурный анализ капель показал, что они содержат, мас. %: алюминия 50–60, Al₂O₃ — 8–10, SiO₂ — 5–6, остальное — кремний. Это указывает на то, что при нагреве высвободившийся в результате окислительно-восстановительной реакции кремний насыщает алюминий, и он в виде капель выпотевает на стенках тигля.

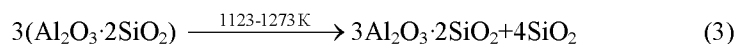
Процесс может проходить по следующей схеме с выделением при нагреве на первом этапе адсорбированной воды



Замена SiO_2 на Al_2O_3 при взаимодействии со шлаком с образованием свободного кремния происходит по реакции



При более высоком нагреве в системе Al–Si–O возможно образование муллита с более высоким содержанием Al_2O_3 по реакции



Возможно также образование твердых растворов $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ с Al_2O_3 .

При достаточно полном протекании реакции (2) при замене SiO_2 на Al_2O_3 могут быть получены кремний и высокоглиноземистый шлак.

Присутствующие в алюминиевом шлаке оксиды Fe_2O_3 (3–5%), MgO (5–6%), SiO_2 (8–10%), судя по величине свободной энергии их образования [1,3], также могут вступать в реакцию с металлическим алюминием. Однако начальная температура восстановления оксидов Fe_2O_3 и MgO составляет более 1273 К, поэтому их влияние при таком содержании незначительно.

Присутствие в шлаке большого количества оксидов алюминия (до 65%) является балластной добавкой, поглощающей часть тепла алюмотермической реакции при восстановлении кремния. По данным [3,4] повышение содержания Al_2O_3 до 50 % и более увеличивает температуру реакции с 773–783 до 873–923 К, а также снижает температуру окончания ее протекания с 873–1573 К до 973–1123 К.

Расчеты теплового эффекта и максимальной температуры процесса показывают, что полное протекание реакции восстановления SiO_2 из шлака возможно при содержании в нем Fe_2O_3 свыше 50% [2].

Для успешного протекания металлтермического процесса необходима разность теплот образования оксидов, т.е. определенный тепловой эффект реакции, при котором на единицу веса шихты приходится определенное количество тепла, называемое термичностью процесса. При избытке одного из компонентов термичность снижается за счет расхода тепла на нагрев и расплавление избытка другого вещества.

Величина термичности, кроме состава шихты, может зависеть от размера частиц компонентов, качества смешивания, удельной поверхности теплоотдачи, а также внешнего температурного возбуждения реакции.

При температуре реакции, когда используются крупные частицы алюминия, расплав в виде капель может перемещаться в пористом теле под действием высоко частотного магнитного поля и градиента температуры.

Данные рентгеноструктурного анализа показывают, что с повышением температуры интенсивность линий, относящихся к металлическому алюминию, снижается и после термообработки при 1253 К они отсутствуют. Подтверждением образования оксида алюминия при температуре более 1093 К является увеличение интенсивности его линий (0,2086 нм; 0,1601; 0,173; 0,254 нм) на рентгенограммах. По данным дифференциально – термического анализа образцов, полученных при смешивании шамота и шлака, шамота и порошков алюминия, установлено, что температуры экзотермических эффектов, относящихся к алюмо-термической реакции, тем выше, чем больше в смеси термодинамически устойчивой фазы (например, муллита). Так, если для образцов из шамота и шлака реакция протекает при 993 К, то для образцов из шамота и порошков алюминия – при температуре 1043 К. Для сравнения начало алюмотермического эффекта при взаимодействии шихты муллита (содержание кристаллического муллита 95 мас.%) с металлическим алюминием соответствует температуре 1178 К [5].

Высокопрочная глина, характеризующаяся мелкодисперсностью, является дополнительным реагентом в составе шихты, влияющим на восстановление кремнезема. При этом дегидратация колинита происходит при температуре около 843 К.

Таким образом, в соответствии с вышеизложенным, становится очевидным, что алюмотермический процесс может протекать при наличии в каждой точке шихты реагирующих веществ. Дисперсность частиц и улучшение перемешивания приводят к активации процесса. Увеличение дисперсности алюминиевых частиц определяет их склонность к окислению (повышает содержание оксида на единицу поверхности). Так, толщина оксидной пленки при температуре >823–873 К увеличивается в несколько раз [1]. Снижение дисперсности (увеличение размера частиц) уменьшает концентрацию активных комплексов, что приводит к замедлению реакции.

В связи с этим следует говорить об оптимальном размере алюминиевых частиц в шлаке [6]. Эксперименты показали, что исключение образования на внутренней поверхности тигля капель выпотевшего

металла достигается при использовании алюминиевого шлака с размером частиц менее 315 мкм. Дополнительно для повышения термичности в состав шихты может вводиться и металлический алюминий в виде мелкодисперсной пудры типа ПАП-1, ПАП-2 размером 10–40 мкм. Однако, в случае получения КОМ на фосфатном связующем, ее введение в шихту приводит к растрескиванию получаемого изделия.

Процесс отделения насыщенного кремнием алюминия из материала керамической шихты определяется поверхностными свойствами алюмотермического расплава.

Изменение изобарного потенциала в результате коагуляции капель приводит к уменьшению поверхности раздела между фазами и определяется уравнением [1]

$$Z = Q_{\text{мет-шихт.}} \cdot S, \quad (4)$$

где $Q_{\text{мет-шихт.}}$ — межфазное натяжение на границе — шихта металлическая фаза; S — изменение величины поверхности раздела фаз.

На изменение поверхностных свойств расплавов, улучшение отделения сплава существенно влияет основность шлака. Так, повышение содержания оксидов CaO, MgO в шлаке уменьшает поверхностное натяжение, что способствует выпотеванию капель в процессе термообработки КОМ.

Закключение. Проведенные исследования позволили выявить особенности формирования пористых КОМ, исключить возможность выпотевания металла при термообработке футеровки индукционных печей.

Литература

1. Плинер, Ю.Л. Восстановление окислов металлов алюминием / Ю.Л. Плинер, Г.Ф. Игнатенко. — М.: Metallurgy, 1967. — 248 с.
2. Самсонов, Г.В. Металлотермические методы в химии и металлургии / Г.В. Самсонов, Ю.Д. Чистяков // Успехи химии. — 1956. — № 25. — Вып. 10. — С. 1223—1248.
3. Условия алюмотермического восстановления кремнезема в жидких шлаках / А.А. Кондрашенков [и др.] // Химические и металлургические шлаки. Свойства, переработка в строительные материалы и применение: сб. ст.; под ред. Л.А. Владимирова. — Челябинск, 1968. — С. 163—169.
4. Задат, Г.И. Получение глиноземистых и высокоглиноземистых цементов из силикатных расплавов методами алюмотермии / Г.И. Задат, А.А. Кондрашенков, С.М. Кукуй // Металлотермические процессы в химии и металлургии: материалы конф.; редкол.: А.Т. Логвиненко (отв. ред.) [и др.]. — Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1971. — С. 299—304.
5. Взаимодействие стекловолокна мулитокремниевое состава с металлами / М.Н. Сорин [и др.] // Новые виды огнеупоров и эффективность их применения: темат. сб. научн. тр. / Всесоюз. Ин-т огнеупоров, укр. НИИ огнеупоров; редкол.: А.П. Бакалкин [и др.] — М.: Metallurgy, 1984. — С. 11—16.
Патент РБ 9508 Огнеупорная керамическая масса / МКИ С 04 В 22/04.

УДК631.3–6

Обезвоживание смазочных материалов

Магистрант Чугаев П.С.

Научный руководитель – Капцевич В.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является повышение эффективности очистки смазочных материалов.

Эксплуатационные свойства смазочных масел зависят от их вязкостных свойств, которые значительно ухудшаются при загрязнении водой. Например, в подшипниках скольжения это может привести к разрушению гидродинамической пленки, что ведет к чрезмерному износу. Всего один процент воды в масле способен сократить расчетный срок службы подшипника скольжения почти на 90%[1].

Вода обычно попадает в систему вследствие конденсации влаги из воздуха, проникающего через отверстия в емкостях и попадания технической воды при промывке системы.

Для удаления воды из нефтепродуктов в настоящее время находят применение физические, химические и физико-химические методы обезвоживания:

- химические методы очистки масла от воды основаны на взаимодействии нерастворенной воды в топливе и маслах с определенными веществами.

- физико-химический метод основан на способности некоторых веществ удерживать воду на своей поверхности.

- физические методы очистки нефтепродуктов от воды довольно разнообразны. К ним относятся очистка топлива в силовых полях, теплофизический метод и метод фильтрования.

В настоящее время наибольшее применение получило обезвоживание методом фильтрования.

В качестве фильтрующих широкое распространение получили полимерные материалы, получаемые вспениванием [2]. Так например, легко деформируемый пенополиуретан позволяет создавать фильтры с заданной изменяющейся поровой структурой.

Для более полного удаления воды из смазочных материалов нами предлагается использовать фильтр состоящий из композиции полимерных материалов, получаемых вспениванием и двухслойных фильтрующих элементов. Первый слой двухслойного элемента выполняется из спеченного порошкового материала (рис. 1, б), например бронзы 8, а второй слой – из гидрофобного материала 9, например пористого фторопласта [3].

Предложена конструкция фильтра сепаратора (рис. 1, а) состоящего из корпуса 1, пакета фильтрующего материала 2, например пенополиуретана нижней и верхней распределительных решеток с несовпадающими отверстиями 3, 4, установленными в корпусе перед и за пакетом фильтрующего материала. В пакете фильтрующего материала выполнены сквозные отверстия, в которые установлены двухслойные трубчатые фильтроэлементы 5. В нижней распределительной решетке выполнены коаксиальные каналы для сбора конденсата 6, соединенные с выходным сливным отверстием 7.

Фильтр работает следующим образом. Жидкость содержащая посторонние примеси в виде твердых частиц и эмульгаторов, поступает через входной патрубок 2 и подвходя к входной распределительной решетке 3, распределяется на многочисленные потоки, проходящие через отверстия. Твердые частицы, движущиеся параллельно потоку, задерживаются в пакете фильтрующего материала 2, где также происходит коалесценция жидких эмульгаторов.

Капли воды накапливаются в порах пакета фильтрующего материала, и под действием потока жидкости сталкиваются друг с другом и образуют еще более крупные капли. Укрупненные капли благодаря наличию анизотропной структуры пор в пакете фильтрующего материала, двигаясь по крупным порам перпендикулярно потоку жидкости под действием силы тяжести стекают в коаксиальные каналы 6, где скапливаются и периодически удаляются через сливное отверстие 7. Далее поток жидкости движется по мелким порам к трубчатым фильтроэлементам 5, где благодаря водоотталкивающим свойствам гидрофобного наружного слоя 8 двухслойного трубчатого фильтроэлемента, задерживаются остатки твердых и жидких загрязнений, и выходит через отверстия в нижней распределительной решетке 4 и выходит через выходной патрубок.

Предложенный вариант фильтра-сепаратора за счет одновременного удаления воды и улавливания мельчайших твердых частиц позволит повысить качество очистки смазочных материалов.

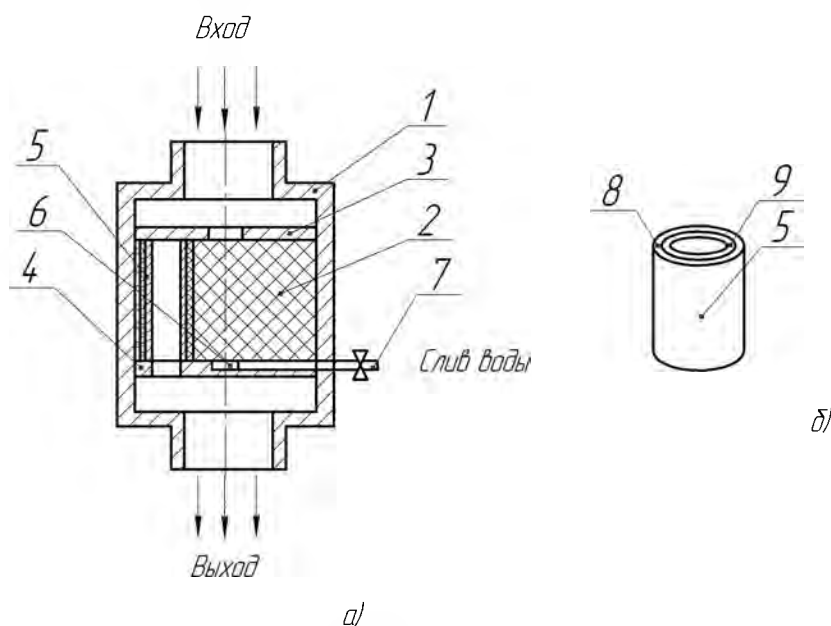


Рисунок 1 – Фильтр сепаратор (а), двухслойный фильтроэлемент (б)

Литература

1. Маркова Л.В. Трибодиагностика машин / Л.В Маркова, Н. К. Мышкин . – Мн.: Бел. Наука, 2005. – 251 с.
2. Рыбаков К.В., Семериан А.Н. Использование коагулирующих пористых перегородок для обезвоживания дизельных топлив // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – 1982. – №5 с 27-30.
3. Пилиневич, Л.П. Пористые порошковые материалы с анизотропной структурой для фильтрации жидкостей и газов / Л.П. Пилиневич [и др.]; под ред. П.Я Витязя. – Мн.; Тонлик, 2005 – 252 с.

Повышение теплопередающей способности тепловой трубы в условиях неблагоприятного влияния сил тяжести

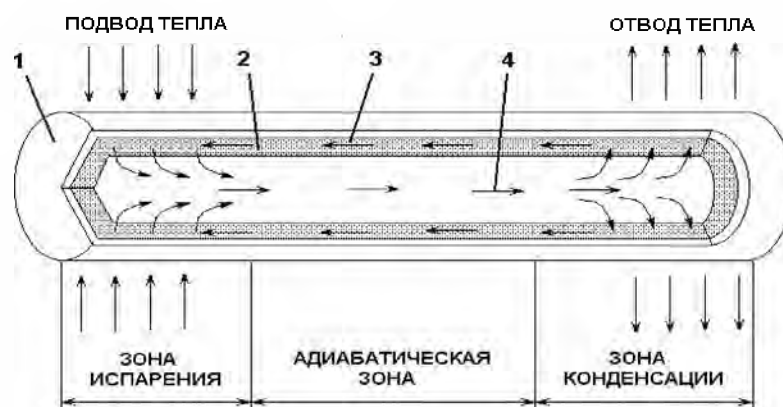
Студент гр. 104615 Реутенок Ю.А.
 Научный руководитель – Мазюк В.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является повышение теплопередающей способности тепловой трубы с порошковой капиллярной структурой в условиях неблагоприятного влияния сил тяжести на возврат жидкого теплоносителя из зоны конденсации, расположенной ниже зоны испарения.

Тепловая труба (ТТ) представляет собой пассивное герметичное двухфазное теплопередающее устройство, работающее по принципу замкнутого испарительно-конденсационного цикла и способное передавать большие количества тепла при минимальном температурном перепаде.

ТТ в общем случае состоит из трех секций, или зон: зона испарения, адиабатическая зона и зона транспорта (рисунок 1).

Тепло подводится к зоне испарения, вследствие чего рабочая жидкость, находящаяся в равновесии с паром, испаряется. Под действием перепада давления между «горячей» зоной испарения и «холодной» зоной конденсации пар перетекает в зону конденсации и здесь конденсируется. При фазовом переходе жидкость поглощает или, соответственно, выделяет скрытую теплоту испарения. По порошковой капиллярной структуре (КС) жидкость возвращается из зоны конденсации в зону испарения под действием капиллярных сил.



1 – корпус ТТ; 2 – капиллярная структура; 3 – жидкий теплоноситель; 4 - пар
 Рисунок 1 - Схема работы тепловой трубы

Компонентами традиционной ТТ являются корпус, обычно металлический (могут использоваться также стекло или керамика); небольшое количество рабочей жидкости, определяющей рабочий диапазон температур; КС.

При выборе КС следует исходить из комплексной оценки таких ее качеств, как транспортные свойства по отношению к тепло- и массопереносу, надежность, технологичность изготовления. К транспортным свойствам КС относится, также эффективная теплопроводность и способность к передаче тепла в радиальном направлении без наступления кризиса (перегрев стенки, резкое повышение термического сопротивления тепловой трубы).

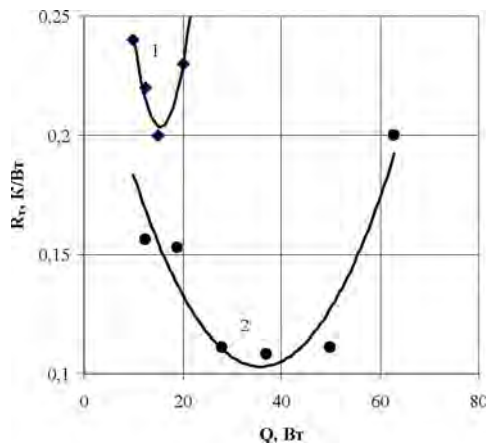
Основными теплопередающими характеристиками ТТ с порошковой КС являются максимальная теплопередающая способность и тепловое сопротивление.

Для получения лучших эксплуатационных свойств в условиях неблагоприятного действия сил тяжести были разработаны ТТ с неоднородной (многослойной) структурой.

Рассмотрим ТТ, имеющую КС, которая состоит из N слоев, образованных различными фракциями порошка. Каждый слой имеет фиксированный размер пор d_i ; соответствующее значение капиллярной проницаемости k_i . Очевидно, для того, чтобы полностью использовать транспортные способности каждого слоя КС и получить наивысшую теплопередающую способность ТТ, необходимо обеспечить максимально возможный перепад капиллярного давления на каждом слое. Это означает, что кривизна менисков на верхней границе каждого слоя должна быть максимально возможной для данной фракции порошка, т. е. капиллярное давление на верхней границе i -го слоя должно быть равно:

$$p_i = \frac{4\sigma \cos \Theta}{d_i}$$

На рисунке 2 приведены результаты экспериментального исследования теплопередающих характеристик двух ТТ диаметром 10 мм (толщина стенки 1 мм): с однородной КС и с оптимизированной четырехслойной КС. Длина зоны конденсации 150 мм, длина зоны испарения 160 мм, общая длина ТТ 438 мм, расположение вертикальное (зона испарения вверху). Из представленных зависимостей можно определить критическую мощность нагрева. Как видно, предельная теплопередающая способность многослойной ТТ в условиях противодействия силы тяжести в два раза больше, чем однородной. По термическому сопротивлению, как следует из рисунка 2, ТТ с многослойной оптимизированной порошковой КС также значительно превосходит ТТ традиционной конструкции.



1 – однородная КС; 2 – четырехслойная КС
Рисунок 2 – Зависимость термического сопротивления вертикально ориентированных ТТ от передаваемой мощности

УДК 621.791.75.042:519.22/.25

О методике выбора технологии сварки высокопрочной стали 15X2Н4МДА без подогрева и термической обработки

Студент гр. 104817 Навойчик С.А.
Научный руководитель – Голубцова Е.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является выбор оптимальной технологии сварки высокопрочной стали 15X2Н4МДА посредством вычисления обобщенного комплексного показателя D .

Применение высокопрочных сталей с пределом текучести 600 -1000 МПа в сварных конструкциях связано с их высокой прочностью, удовлетворительной пластичностью и вязкостью, коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, что позволяет снизить металлоемкость и увеличить срок эксплуатации изделий.

Свариваемость высокопрочных среднелегированных сталей определяет способность переносить тепловой режим сварки без образования в соединении участков металла с пониженными пластическими свойствами, способствующими возникновению трещин или разрушению сварных соединений при эксплуатации изделий.

В рассматриваемых сталях малопластичные и хрупкие участки также образуются в зонах, где металл перегревается при сварке выше температур A_{C_3} , а при последующем охлаждении в его структуре фиксируется наряду с мартенситом остаточный аустенит.

Основным критерием свариваемости является склонность этих сталей к холодным трещинам. Наиболее часто они образуются в швах и околошовных зонах сталей, свариваемых электродными материалами, близкими по своему составу с основным металлом. Трещины могут возникать как в интервале температур образования мартенсита, так и спустя некоторое время после полного остывания сварного соединения.

Использование сварочных материалов обеспечивающих в металле шва аустенитного класса, позволяет исключить из технологического процесса предварительный подогрев и последующую термическую обработку при сварке изделий из закаливающихся сталей. Сварные соединения с аустенитными швами не склонны к образованию холодных трещин. Однако такой технологический вариант имеет существенный недостаток: из-за низкой прочности аустенитного металла шва для обеспечения равнопрочности сварного соединения шов необходимо выполнять с большим усилием. Это приводит к существенному увеличению сварочных работ и расходу дорогостоящих сварочных материалов.

Дополнительно к этому увеличение усиления сварного шва создает концентратор напряжений, что в большинстве случаев снижает работоспособность сварного соединения. В настоящей работе рассматриваются показатели механических свойств сварного аустенитного шва, полученного при ручной дуговой сварке, механизированной сварке в CO_2 и механизированной сварке под флюсом, с применением электродов марок АНВП-60, АНВП-80, АНВП-100, порошковой проволоки ПП-АНВП80 и проволоки сплошного сечения ЭК-17ВИ, и делается выбор оптимальной технологии по показателям механических свойств сварного шва с помощью метода определения обобщенного комплексного показателя D .

$$d_i = \exp[\exp(-y'_j)],$$

где y'_j -- кодированное значение i -го параметра

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n}$$

В результате вычислений получено, что наибольшее значение D имеет ручная дуговая сварка электродом марки АНВП-80 ($\sigma_{0,2} = 850 \text{ МПа}$, $\sigma_B = 1150 \text{ МПа}$, $\delta = 18\%$, $\psi = 50\%$,

$$KCV^{+20} = 110 \text{ Дж/см}^2, KCU^{-60} = 80 \text{ Дж/см}^2).$$

Из трех представленных технологий ручную дуговую сварку электродами марки АНВП-80 следует считать предпочтительной.

Натуральные значения и d_i параметров

Сварочный материал	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ ⁺²⁰ Дж/см ²	КСУ ⁻⁶⁰ Дж/см ²	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	D
Ручная сварка													
АНВП-60	600	1000	15	40	105	60	0,36	0,2	0,44	0,65	0,8	0,65	0,46948
	700	1100	18	50	110	80	0,56	0,65	0,65	0,8	0,95	0,95	0,74489
АНВП-80	780	1050	15	40	100	60	0,54	0,36	0,64	0,65	0,8	0,65	0,5897
	850	1150	18	50	110	80	0,77	0,8	0,65	0,8	0,95	0,95	0,81315
АНВП-100	950	1150	12	25	70	50	0,72	0,8	0,36	0,36	0,36	0,36	0,46161
	1050	1200	16	35	90	70	0,91	0,95	0,52	0,51	0,65	0,8	0,70155
Механизированная сварка в CO_2													
ПП-АНВП-80	750	1000	14	30	60	45	0,41	0,2	0,36	0,36	0,2	0,36	0,30243
	900	1200	16	40	70	50	0,54	0,95	0,52	0,65	0,36	0,36	0,53122
Механизированная сварка под флюсом													
ЭК-17ВИ	840	1150	18	45	65	50	0,75	0,8	0,65	0,62	0,36	0,36	0,56149
	910	1190	22	50	75	55	0,58	0,91	0,8	0,8	0,36	0,52	0,63119
ПП-АНВП-80	750	900	18	35	65	50	0,41	0,36	0,65	0,51	0,36	0,36	0,43023
	800	1000	25	40	75	55	0,62	0,2	0,95	0,65	0,36	0,52	0,49286

Установление статистических связей между величиной погонной энергии и характеристиками микроструктуры среднеуглеродистой высокопрочной стали 30НМДФ

Студенты гр.104817 Сковородко О.В., Иванова И.О.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является вычисление коэффициентов парной корреляции между величиной погонной энергии, содержанием углерода, шириной прослойки, её микротвёрдостью и шириной участка проплавления для сварочных соединений среднеуглеродистой высокопрочной стали 30НМДФ, выполненных механизированной сваркой в углекислом газе проволокой Св-08Х20Н9Г7Т.

При выработке или разработке технологии сварки конструкций из высокопрочных закаливающих сталей существует проблема предотвращения образования холодных трещин в сварных соединениях. Она возникает при определенных особенностях напряженного состояния в соединениях или при сварке с повышенной погонной энергией, что связано, в основном, с перегревом металла зоны термического вливания.

Условия сварки среднеуглеродистых сталей зависят от многих факторов: состава стали, жесткости конструкции, с которой связан уровень возникающих в сварном соединении напряжений, толщины свариваемого металла, температуры окружающей среды и т.п. Поэтому нельзя точно определить и технологические условия сварки. Стали рассматриваемой группы относятся к наиболее трудносвариваемым по следующим причинам: в процессе сварки происходит частичное выгорание легирующих элементов и углерода; вследствие малой теплопроводности возможен перегрев свариваемого металла; повышенная склонность к образованию закалочных структур; большой коэффициент линейного расширения может вызвать значительные деформации и напряжения, связанные с тепловым влиянием дуги. Чем больше в стали углерода и легирующих элементов, тем сильнее сказываются эти причины.

Первостепенное влияние углерода на образование холодных трещин обусловлено тем, что он во многом определяет положение температурного интервала мартенситного превращения аустенита, что в свою очередь определяет вероятность зарождения холодных трещин и их развитие.

Различают две разновидности мартенсита: дислокационный иглообразный, содержащий в иглах только дислокации и двойниковый пластинчатый, в котором пластины содержат двойники. Как правило, дислокационный мартенсит образуется при сравнительно высоких температурах в сталях с низким содержанием углерода ($C < 0.22\%$), отличающихся повышенной пластичностью и пониженной прочностью. При этом атомные искажения по границам зёрен невелики, в связи с чем такие стали в закалённом состоянии менее склонны к замедленному разрушению.

В двойниковом пластинчатом мартенсите, образующимся в сталях с повышенным содержанием углерода ($C > 0.22\%$), деформация может легко осуществляться только с увеличением плотности упаковки атомов. В связи с этим такой мартенсит менее пластичен и более прочен. Он способствует возникновению значительных атомных искажений по границам зёрен и соответственно увеличивает склонность к замедленному разрушению и образованию холодных трещин в сварных соединениях.

Таблица 1 – Результаты исследования зоны сплавления в соединениях стали 30Н4МДФ

Способ сварки	q/v , кДж/см	Содержание углерода, %	Ширина прослойки,	Микротвёрдость прослойки,	Ширина участка
	y_1		мкм		$H / мм^2$ y_4
		y_2	y_3		мкм
					y_5
Механизированная сварка в углекислом газе	44	0,33	27	4065	12,5
	50	0,33	55	4150	32,5
	64	0,33	80	4150	50,0
	44	0,30	30	3860	12,5

Вычисление коэффициента парной корреляции производились по формуле:

$$r_{y_1 y_2} = \frac{\sum_{k=1}^n (y_1 - \bar{y}_1) \cdot (y_2 - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (y_1 - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (y_2 - \bar{y}_2)^2}}$$

Таблица 2 – Значения коэффициентов парной корреляции

	q/v, кДж/см м	Содержани е углерода, %	Ширина прослойк и, мкм	Микротвердо сть прослойки, $H / мм^2$	Ширина участка подплавлен ия	Корреляционные уравнения
q/v, кДж/см	---	0,45 ^x	0,97 ^x	0,63 ^x	0,97 ^x	$y_3 = 2.55y_1 - 80.775$
Содержание углерода, %	0,45	---	0,48 ^x	0,94 ^x	0,52 ^x	$y_4 = 8400y_2 + 1368$
Ширина прослойки, мкм	0,97	0,48	---	0,69 ^x	0,99 ^x	$y_5 = 0.73y_3 - 8$
Микротвердост ь прослойки, $H / мм^2$	0,63	0,94	0,69	---	0,73 ^x	$y_5 = 0.096y_4 - 362.525$
Ширина участка проплавления, мкм	0,97	0,52	0,99	0,73	---	$y_5 = 1.86y_1 - 67$

Рассчитанное значение коэффициента корреляции сравнивают с критическим (табличным) значением коэффициента корреляции, которое находится, исходя из заданного уровня доверия $\alpha=0,05$ и степени свободы $f=6$. Если опытное значение коэффициента корреляции больше критического, то линейная корреляция существует, в противном случае она отсутствует.

В ходе работы мы устанавливали связь величины погонной энергии и характеристик микроструктуры среднеуглеродистой высокопрочной стали 30НМДФ и пришли к следующему выводу: величина погонной энергии ширина прослойки, ширина прослойки и ширина участка подплавления, величина погонной энергии и ширина участка подплавления, ширина участка подплавления и микротвердость прослойки, микротвердость прослойки и содержание углерода- имеют между собой корреляционную связь. Это значит, что, зная один параметр, можно прогнозировать и вычислять величину другого, пользуясь корреляционными уравнениями, представленными в таблице 2. Такие параметры, как содержание углерода и погонная энергия, содержание углерода и ширина прослойки, содержание углерода ширина участка подплавления, ширина прослойки и ее микротвердость не связаны между собой.

УДК 621.923

Обеспечение восстановления деталей хлебопекарного оборудования

Студент группы 1 рпт Головков В.В.

Научные руководители – Сергеев Л.Е., Романова Т.К.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск

Одной из основных задач, стоящих перед пищевым производством, является повышение долговечности и надежности применяемого оборудования и создание условий, обеспечивающих его рациональную эксплуатацию. В частности, крайне важным аспектом служит бесперебойность работы машин тестораздаточного оборудования. Установлено, что детали, используемые в этих машинах, подвергаются в основном окислительному виду изнашивания. Их поверхность покрывается пленками и присутствуют риски, суммарный износ может достигать 0,3-0,5 мм. Органические кислоты (молочная и уксусная), образующиеся при брожении полуфабрикатов хлебопекарного производства, составляют около 90% кислотности. Поэтому вопрос о коррозионной стойкости материалов, из которых изготавливаются эти детали, имеет большое практическое значение.

В настоящее время детали хлебопекарного производства выполняются из таких материалов, как коррозионно-стойкая сталь, бронза, латунь и д.т., однако, практика их применения показывает, что вопрос воздействия такой среды, как тесто, исходя из точки зрения их износа, достаточно актуален. Оптимальным способом восстановления изношенных поверхностей этих деталей может служить газотермическое напыление. Предварительно поверхность детали подвергается подготовке к этой операции, что включает в себя устранения на требуемую глубину изношенного слоя (токарная обработка) и проведение

дробеструйной обработки для повышения качества сцепления основания с напыляемым материалом. Само напыление производится при помощи термораспылительной горелкой типа «Mogul-U9», работающей на пропан-бутан-кислородной смеси и использования порошка, размерность которого 40/10 мкм. Остаточная пористость полученного покрытия колеблется в пределах

10–15 %, толщина напыляемого слоя достигает 4-5 мм на радиус восстанавливаемой детали. Последующая стадия восстановления – формирование сопрягаемости контактной пары достигается путем использования токарной и финишной обработки.

Практика показывает, что стоимость отремонтированной детали в сравнении с вновь приобретенной в среднем составляет 40—70% при обеспечении требуемых качественных показателей. Примером такого восстановления может служить головка делителя теста ШЗ-ХДУ-33, ремонт которой был осуществлен на одном из хлебозаводов Беларуси.

Литература

1. Ящерицын П.И., Голубев В.С., Валанов В.В., Сергеев Л.Е. Технология восстановления деталей оборудования хлебопекарного производства //Технология машиностроения, №1, 2001, с.40-41.
2. Авдеева А.В. Коррозия в пищевых производствах и способы защиты. М.: Машгиз, 1965,-284с.

УДК 621.791.763.1

Контактная сварка разнородных материалов

Студент гр. 104814 Белаш Е.В.
Научные руководители – Демченко Е.Б., Керженцева Л.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Наиболее распространенным сочетанием разнородных материалов используемых во многих областях промышленности при сварке давлением являются сталь с алюминием и его сплавами. В основном это предприятия автомобилестроения, сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения, приборостроения и др. Однако не всегда удается получить достаточно надежное и прочное с точки зрения физико-механических и эксплуатационных характеристик соединение. Одной из причин, препятствующей образованию надежного соединения разнородных материалов является их химическая несовместимость. В процессе сварки в зоне соединения образуются хрупкие интерметаллидные слои, которые в значительной степени снижают прочность соединения.

При соединении разнородных материалов контактной сваркой также возникают проблемы, связанные с характером распределения тока в сечении заготовок, неравномерным отводом теплоты в электроды и процессом кристаллизации расплавленной зоны, приводящими к образованию сварочного ядра и зоны термического влияния с определенными геометрическими параметрами и т.д. Все это приводит к резкому снижению физико-механических характеристик и качества сварного соединения. Поэтому в настоящее время решение этих проблем является актуальной задачей.

Задачей исследования процесса формирования зоны соединения разнородных материалов при контактной точечной сварке явился поиск технологии, которая могла бы обеспечить надежность сварного соединения в контакте «металл–биметалл» и «биметалл–сплав» при оптимальных параметрах режима сварки, физико-механических характеристиках зон сварных соединений и хорошем качестве наружных поверхностей деталей. Эту задачу решили используя технологию изготовления новых высокопрочных биметаллических материалов на основе композиции «алюминий–сталь» при контактной точечной сварке, а также результаты исследования влияния параметров режима сварки на физико-механические характеристики, структурообразование и геометрические размеры зоны сварного соединения.

При проведении исследований процесса сварки разнородных материалов в качестве деталей использовали холоднокатаную листовую сталь марки «08 кп» толщиной 0,8 мм, технический алюминий толщиной 1,0 мм и биметаллическую заготовку типа «алюминий–сталь» из тех же материалов толщиной 1,0 мм (0,5+0,5). Поверхности свариваемых сталей предварительно очищались от окислов. Для процесса сварки использовали дисперсно-упрочненные медные электроды. Верхний электрод имеет сферическую рабочую поверхность с радиусом 150 мм, а нижний – цилиндрическую рабочую поверхность диаметром 5,2 мм.

При исследовании зоны соединения в контакте «биметалл–сталь» было установлено, что формирование расплавленного ядра сварной точки протекает при таких режимах, где имеется возможность образования плотного контакта. Эти условия определяются малыми величинами времени протекания сварочного тока усилия сжатия электродов. Установлено, что образование сварных точек одновременно в зонах контакта «алюминий–биметалл» и «биметалл–сталь» происходит при времени $t_{св} < 0,24$ с и нагрузке $P < 100$ кг. При увеличении $t_{св}$ и P образование литого ядра в зоне контакта «биметалл–сталь» не происходит. На всех режимах сварки разнородных материалов типа «алюминий–сталь», при использовании биметаллов с высокими физико-механическими характеристиками, образования литого ядра в зоне контакта также не наблюдается.

Студент гр.304813 Варакса Д.В.
Научный руководитель – Снарский А.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Вопросы максимально объективной диагностики различных металлических конструкций были и остаются весьма актуальными. Основными задачами диагностики являются: определение фактического состояния конструкции и установление необходимости вывода ее из эксплуатации и ее ремонта. Одним из видов ответственных металлических конструкций являются автомобильные цистерны. Указанные объекты относятся к сосудам, работающим под давлением, и на них распространяются Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Указанный документ является обязательным для исполнения в Республики Беларусь независимо от форм собственности владельцев сосудов, в нашем случае цистерн.

Согласно Правил цистерна это передвижной сосуд, постоянно установленный на раме железнодорожного вагона, на шасси автомобиля (прицепа) или на других средствах передвижения, предназначенный для транспортирования и хранения газообразных, жидких и других веществ. По форме сечения существует три типа цистерн: круглые, эллиптические и чемоданные (квадратные и прямоугольные). В отличие от стационарных сосудов автомобильные цистерны эксплуатируются в различных дорожных условиях под воздействием вибрационных и ударных нагрузок, поэтому резко возрастает вероятность повреждений и преждевременному выходу их из строя.

Последовательность проведения технического диагностирования цистерн проста и логична:

- анализ эксплуатационной и технической документации на диагностируемую цистерну;
- подготовительные работы;
- наружный и внутренний осмотры;
- контроль геометрических размеров;
- ультразвуковой контроль толщины стенок основных элементов цистерны;
- капиллярная цветная дефектоскопия; гидравлические испытания;
- анализ результатов диагностирования и оценка остаточного ресурса.

Хотелось бы акцентировать внимание на то, что основным методом неразрушающего контроля фактического состояния сосудов (цистерн в рассматриваемом случае) и соответственно их диагностики является визуальный контроль, который заключается в подробном и внимательном внешнем осмотре объекта. При осмотре цистерн, в первую очередь, необходимо уделять внимание сварным соединениям и их целостности (наличие подтеканий продукта свидетельствует о нарушении их герметичности, что недопустимо). Также следует уделять повышенное внимание наличию и виду вмятин, коррозионных повреждений и царапин на поверхности цистерны.

При этом остается открытым вопрос нахождения максимально эффективного метода выявления наиболее слабых критических мест цистерны с учетом повышенной вероятности начала разрушения именно в этих местах. На данном этапе идут работы по использованию магнитного метода контроля фактического напряженно-деформированного состояния металла по уровню коэрцитивной силы (с учетом установленной взаимосвязи между уровнем напряжений в металле и значениями замеренной коэрцитивной силы).

Применение указанного метода позволит более объективно определять фактические критические участки диагностируемой цистерны (с уровнем напряжений выше предела текучести) с принятием мер по выводу потенциально опасных объектов из эксплуатации для последующего ремонта.

Студент гр.104616 Семяникова А.А.
Научный руководитель – Голубцова Е.С., Нисс В.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является выявление корреляционной связи между характеристиками свойств керамики на основе нитрида алюминия, изучение влияния химического состава (содержание кислорода и иттрия) на величину теплопроводности этого материала.

Керамика на основе нитрида алюминия (AlN) имеет высокую теплопроводность до 250 Вт/м·К). Это дает возможность использовать AlN вместо высокотоксичного BeO в электронных устройствах, где

требуется сочетание диэлектрических свойств с высокой теплопроводностью (подложки интегральных схем, теплоотводящие, электроизолирующие прокладки и т.д.).

В качестве исходных материалов использовали порошок AlN (размер зерна 0,5мкм, содержание кислорода 1,08 вес.%). В качестве активной добавки - оксид иттрия (Y_2O_3). Спекание осуществляется по методу слоистой технологии.

Порошок AlN , Y_2O_3 , растворитель и пластификатор смешивали в шаровой мельнице с нейлоновым покрытием в течение 24 ч. Затем смесь сушили в вакуумном шкафу до требуемой вязкости. Из полученной массы изготавливали листы толщиной 0,15мм. Полученные листы укладывали друг на друга и прессовали под давлением 1,96 МПа при 120 °С. Далее слоистую заготовку помещали в графитовый контейнер и спекали при 1900 °С в потоке азота. (0 до 25 ч).

На полученных образцах измеряли плотность (г/см), теплопроводность (Вт/м·К), постоянную кристаллической решетки C (10м); содержание кислорода и иттрия в процентах. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

№	Время спекания, с	Плотность, г/см ³	Теплопроводность, Вт/м·К	Постоянная решетки, C (10^{-10} М)	Содержание, O_2 , %	Содержание, Y , %
1	0	3,320	200	4,975	2	4,3
2	5	3,305	222	4,978	1,5	3,3
3	10	3,295	238	4,980	1,3	2,8
4	15	3,287	260	4,983	1,0	2,5
5	20	3,285	260	4,983	1,0	2,4
6	25	3,280	268	4,984	0,9	2,4

Данные таблицы показывают, что с увеличением времени спекания плотность падает, теплопроводность повышается, содержание кислорода и иттрия снижается, а постоянная решетки изменяется незначительно (в пределах ошибки).

Представляют научный и практический интерес выявления тесноты корреляционной связи между свойствами керамики на основе AlN , поскольку, например, измерение теплопроводности представляет большие трудности.

С этой целью первоначально по данным таблицы рассчитывали коэффициенты парной корреляции $r_{1,2}$, $r_{1,3}$, $r_{1,4}$, $r_{1,5}$, $r_{2,3}$, $r_{2,4}$, где y_1 - плотность, y_2 - теплопроводность, y_3 - постоянная решетки, y_4 - содержание O_2 и y_5 - содержание иттрия по формуле:

$$r_{i,j} = \frac{\sum_{i \neq j=1}^n \Delta y_i \cdot \Delta y_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2 \cdot \sum_{j=1}^n \Delta y_j^2}}$$

где Δy_i и Δy_j - разности между средней величиной и экспериментальными данными

В результате расчетов определены все коэффициенты парной корреляции. Они оказались больше $r_{кр} = 0,7067$ (при $\alpha=0,05$ и $f=6$), т.е. можно утверждать, что между исследуемыми параметрами существует линейная связь. Расчетные значения коэффициентов корреляции приведены в таблице.

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции

Свойства/Параметры	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
Плотность, y_1	-//-	-0,995	-1,000	+0,927	+0,980
Теплопроводность, y_2	-0,995	-//-	0,891	-0,987	-0,960
Постоянная Решетки, y_3	-1,000	0,891	-//-	-0,800	-1,000
Содержание O_2 , %, y_4	+0,987	-0,987	-0,800	-//-	+0,972
Содержание Y, %, y_5	+0,970	-0,960	-0,1000	+0,972	-//-

Зная коэффициенты парной корреляции, по данным таблицы 1 можно определить корреляционные уравнения в виде $y_j = b_0 + b_1 y_i$;

В результате расчетов получены следующие уравнения:

$$y_2 = 5720,24 - 1663,24 y_1;$$

$$y_3 = 5,714 - 0,223 y_1;$$

$$y_4 = 26,05 y_1 - 84,5;$$

$$y_5 = 47,89 y_1 - 154,86;$$

$$y_3 = 0,000186 y_2 + 4,9513;$$

$$y_4 = 5,0055 - 0,0154 y_2;$$

$$y_5 = 9,694 - 0,281 y_2;$$

$$y_4 = 470 - 93,1 y_3;$$

$$y_5 = 1089,088 - 218,1 y_3;$$

$$y_5 = 0,541 + 1,825 y_4.$$

Эти уравнения позволяют рассчитать значения того или иного свойства через другие.

УДК 631.3-6

Магнитная и электростатическая очистка жидкостей и газов с использованием композиционных фильтрующих материалов

Студент гр. 3м АМФ Петрикевич М.Е.

Научный руководитель – Капцевич В.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является совершенствование процесса очистки жидкостей от ферромагнитных и других загрязнений, путём разработки новых конструкций магнитных и электростатических фильтров с использованием фильтрующих материалов с анизотропной структурой.

Для очистки смазочных материалов используют химические, физико-химические и физические методы очистки. С точки зрения их реализации на предприятиях РО «Белагросервис» наиболее предпочтительны физические методы, в частности фильтрование. Однако фильтрование не обеспечивает улавливание мелких частиц загрязнений из смазочных материалов.

Для удаления мелких частиц содержащихся в смазочных материалах процесс фильтрования предлагается проводить в силовом физическом поле (магнитном или электростатическом, либо под действием этих полей одновременно).

Очистка в магнитном поле позволяет удалять из смазочных материалов частицы ферромагнитных загрязнений. Для создания магнитного поля применяются постоянные магниты или электромагниты. Однако на практике используются главным образом постоянные магниты, позволяющие при одинаковых габаритных размерах и массе магнитного фильтра, создавать более высокую напряженность магнитного поля, не потребляя электроэнергию. Преимуществом очистки в магнитном поле является возможность улавливания весьма мелких ферромагнитных частиц (до 0,5 мкм), которые практически не задерживаются другими средствами очистки. Необходимость удаления таких частиц связана с их каталитическим воздействием на процессы окисления смазочных материалов.

Принцип очистки в электростатическом поле заключается в том, что твердые частицы, имеющие электрический заряд, притягиваются к электродам, помещенным в очищаемую диэлектрическую жидкость.

Преимуществом очистки в электростатическом поле является возможность улавливания частиц различной химической природы (сталь, сплавы цветных металлов, резина, песок и др.)

Для реализации процессов в силовых физических полях предложено использовать в качестве фильтрующего материала высокопористый ячеистый материал (пенополиуретан), сжимаемый двумя постоянными магнитами или пластинами-электродами, а процесс фильтрования осуществлять в направлении перпендикулярном усилию сжатия.

При сжатии пенополиуретана происходит изменение его пористой структуры, характеризуемой анизотропной структурой пор: в направлении перпендикулярном усилию сжатия размеры пор практически остаются неизменными, а в параллельном направлении размеры пор будут уменьшаться пропорционально степени сжатия. За счет наличия пор, размеры которых изменяются в направлении движения очищаемых смазочных материалов, обеспечивается эффективное улавливание различного рода загрязнений.

При прохождении очищаемой среды через сжатый пенополиуретан будут задерживаться частицы загрязнений размеры, которых соизмеримы с размерами пор, расположенных перпендикулярно усилию сжатия. Причем, подбирая степень сжатия, всегда заранее можно рассчитать требуемую тонкость фильтрования. Более мелкие частицы при движении через сжатый пенополиуретан под действием магнитных или электростатических сил, или обоих сил, действующих одновременно, проходя через крупные поры, расположенные параллельно усилию сжатия, будут беспрепятственно проходить через них и осаждаться на постоянных магнитах или плоских электродах.

Для реализации этих подходов предложены новые конструкции магнитного (рисунок 1) и электростатического (рисунок 2) фильтров, в которых для эффективного улавливания загрязнений используют магнитное и электростатическое поля. На данные конструкции фильтров для очистки смазочного материала в силовых физических полях получены патенты РФ №4848 и 4928. Их принцип действия и устройство основаны на использовании фильтрующего материала с анизотропной структурой пор, например, пенополиуретана.

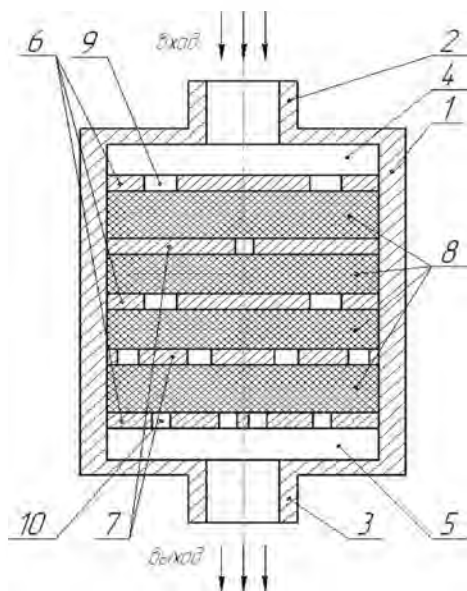


Рисунок 1 – Магнитный композиционный фильтр (патент на полезную модель РФ № 4848): 1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной патрубки; 4, 5 – подводящие и отводящие полости; 6, 7 – решетки из магнитотвердого материала; 8 – пластины из сжатого пенополиуретана; 9, 10 – соответственно отверстия в верхней и нижней решетках

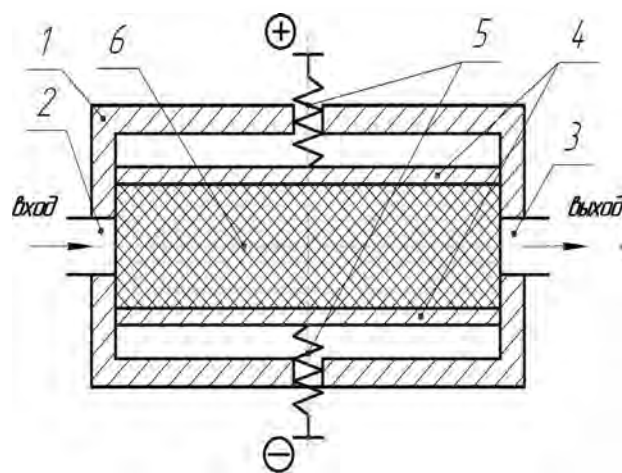


Рисунок 2 – Электростатический очиститель (патент на полезную модель РФ №4928): 1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной каналы; 4 – плоские изолированные электроды; 5 – токоподводы; 6 – сжатый пенополиуретан

Вывод: разработаны новые конструкции фильтров, осуществляющие очистку в анизотропных фильтрующих материалах с использованием силовых физических полей и обеспечивающие эффективное удаление ферромагнитных и неферромагнитных загрязнений из очищаемой жидкости.

Сохранение ламинарного режима защитного газового потока при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом

Студент гр. 104816 Галаев К.О.
 Научный руководитель – Веренич И.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является рассмотрение условий перехода защитного газа из ламинарного течения (спокойного), к турбулентному (с завихрениями) при аргонодуговой сварке. Сохранение ламинарного режима, или создание условий плавного перехода от турбулентного к ламинарному, позволит существенно улучшить качество сварки. Любое нарушение стационарности газового потока и возникновение турбулентности приводит к снижению свойств сварного соединения. Переход ламинарного режима к турбулентному осуществляется при критическом значении числа Рейнольдса, которое для аргона (в литературе) составляет приблизительно 3000 единиц, как и для CO₂. Число Рейнольдса здесь определяется отношением фазовых объемов макроскопического и микроскопического движения молекул.

$$Re = \rho V d / \eta$$

Следует заметить, что переход к турбулентному режиму происходит не только из-за внешних факторов, однако ещё и из-за внутренних: вследствие конечного уровня возмущений (повышение температуры, столкновение молекул, потери устойчивости). Поэтому необходимо ввести поправку, которая будет оценивать процесс перехода из одного состояния в другое на молекулярном уровне. Эта поправка определяется величиной второго вириального коэффициента $B(T)$: $B(T) = 1/2 \cdot \int (1 - e^{-U_{1,2}^{(T)}/kT}) dV$.

Значение B может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от температуры и конкретного потенциала взаимодействия. Для неидеального газа имеем следующее значение числа Рейнольдса:

$$Re = Re_{real} \cdot (1 + a \cdot n \cdot B).$$

Как видно из формул, число Рейнольдса, а следовательно и его критическое значение, при котором происходит переход, зависит не только от плотности (ρ), скорости течения (V), внутреннего диаметра (d) и динамической вязкости (η), но ещё и от концентрации молекул (n), величины второго вириального коэффициента (B), температуры (T), и потенциала межмолекулярного взаимодействия ($U_{1,2}$). Поэтому чтобы контролировать процесс перехода необходимо учитывать большее число параметров.

На практике переход от ламинарного к турбулентному режиму способствует неблагоприятным результатам сварки (в данном случае рассматривается ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом), так как завихрения в защитном потоке способны подхватывать из окружающей атмосферы O₂, N₂, и особенно N₂. Последний элемент из всех вышеперечисленных, является самым опасным для сварного шва, так как, попадая в сварочную ванну, его практически невозможно оттуда удалить. Впоследствии азот, образуя с железом нитриды, приводит к пористости, ухудшая прочность сварного соединения. Необходимо сказать, что O₂, N₂ и N₂, попадая в поток защитного газа, перемешиваясь с ним, уменьшают его защитную функцию. Аргонодуговая сварка изначально рассчитана на максимальную защиту от воздуха. Из выше сказанного видно, какую важную роль играет ламинарный режим газа в процессе этого способа сварки.

В данной работе при помощи статистического критерия перехода к турбулентности, показано, что аргон имеет большой верхний предел (≈ 3400). Это способствует расширению диапазона значений и варьирования параметров сварки. Например, можно увеличить расход защитного газа, что является необходимым при сварке на повышенных скоростях, причём течение защитного газа будет оставаться ламинарным.

Исследование литевых составов catamold для инжекционного формования керамики

Студенты группы 104615 – Маскаленко Н.С., Шибeko O.O.¹,
 Научный руководитель – Виолентий Д.Р.²,
¹Белорусский национальный технический университет г. Минск
²ГНУ Институт порошковой металлургии НАНБ г. Минск

Технология инжекционного формования порошковых материалов (powder injection molding – PIM) основана на использовании литья под высоким давлением термопластичных масс из высокодисперсных металлических (metall injection molding – MIM) или керамических (ceramic injection molding – CIM)

порошков и полимерного связующего вещества, термического, сольвентного или каталитического удаления связующего в специальной печи для удаления связующего и окончательном высокотемпературном спекании их в атмосфере или в вакууме.

СИМ технология имеет большую перспективу и огромное преимущество при производстве деталей сложной формы с точными геометрическими размерами и большими объемами производства по сравнению с традиционными методами, т.к. имеет существенные технологические преимущества:

- снимает все ограничения по сложности формы изготавливаемой детали;
- дает новые неограниченные возможности для дизайна изделий;
- позволяет получать более прочные детали за счет модификации характеристик материалов;
- позволяет придавать поверхностям формируемых деталей практически любые свойства – от очень гладких до текстурированных;
- получать детали с минимальной толщиной сечения от 0,5 до 30 мм с допусками в пределах 0,1мм на каждые 25 мм линейных размеров детали и стабильной повторяемостью размеров;
- снижает время изготовления деталей;
- предоставляет возможность удешевления готовых изделий за счет исключения операции по механообработке;

Немецкая химическая компания BASF разработала литьевые составы, выпускаемые под торговой маркой Catamold, основу которых составляет связующее вещество полиацеталь – полупрозрачный термопластичный полимер с хорошими технологическими характеристиками: высокой стабильностью размеров, высокой прочностью и хорошей теплостойкостью. Превосходные общие характеристики полиацетала делают его предпочтительным материалом для использования в производствах, требующих высокой точности геометрических размеров изделий. Однако решающим преимуществом полиацетала в качестве связующего в материалах Catamold является возможность его быстрого каталитического удаления. В присутствии соответствующего катализатора (высококонцентрированная азотная кислота) полиацеталь может быть деполимеризован гораздо ниже точки плавления с выделением парообразного составляющего формальдегида. Таким образом, каталитический метод позволяет удалить связующее из отлитого изделия путем управляемого, постепенного выделения газа из твердого вещества. Небольшое количество остаточного связующего вещества, которое необходимо для придания некоторой прочности полученной порошковой заготовки, после дальнейшей обработки, затем легко удаляется на ранних стадиях традиционного цикла обжига.

Для литья керамики компания BASF представляет следующие литьевые составы:

- Catamold AO-F - основа оксид алюминия 99,8%;
- Catamold AO-H - основа оксид алюминия 96,0%;
- Catamold ZTA-FB - основа $Al_2O_3+(ZrO_2-Y_2O_3)$;
- Catamold TZP-F315 - основа $(ZrO_2-5Y_2O_3)$ +цветной пигмент;
- Catamold TZP - основа $(ZrO_2-5Y_2O_3)$;

Catamold представляет собой однородный, гранулированный материал, который не нуждается в дальнейшей гомогенизации. Его необходимо расплавлять в максимально мягких условиях, для того, чтобы избежать ненужного перегрева и деструкции. Температура разложения полиацетала в Catamold 110-140 °С, а точка плавления 165 °С.

Механизм удаления связующего из отлитой заготовки основан на диффузии и проникании испаряющегося формальдегида через поры (рисунок 1). Граница раздела связующего вещества и газа движется внутрь заготовки со скоростью 1-2 мм/ч.

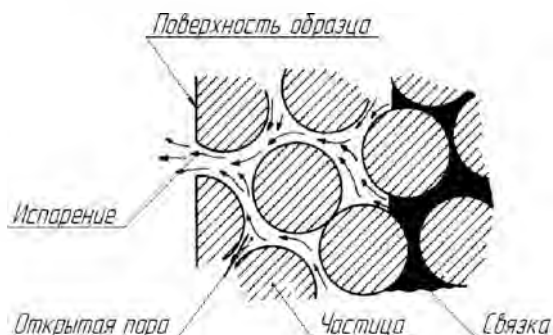
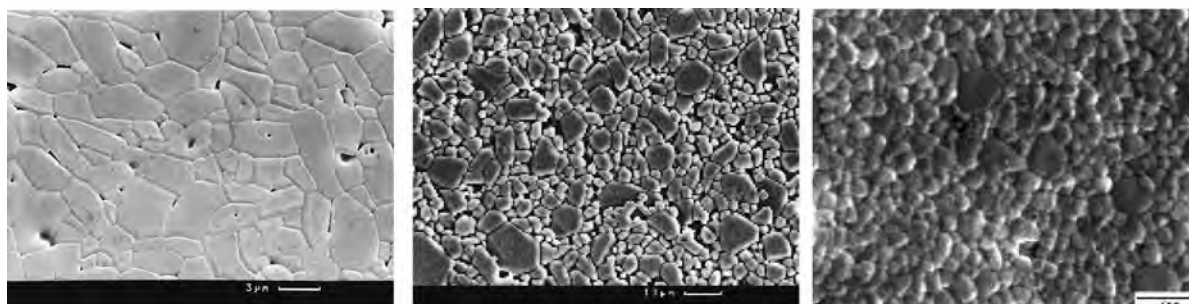


Рисунок 1 – Механизм каталитического удаления связующего.

В ГНУ ИПМ НАНБ на установке Allrounder 170U 150-70 проведены исследования по уплотнению керамических материалов Catamold методом инъекционного формования. Свойства образцов представлены в таблице 1, а морфология - на рисунке 2.

Таблица 1 – Свойства керамики полученной по CIM технологии из материалов Catamold

Свойства	Единица измерения	Керамика на основе Al_2O_3	Керамика на основе ZrO_2
Плотность	г/см ³	3,8 - 3,9	5,90 - 5,95
Модуль Юнга	ГПа	350 - 400	200 – 220
Предел прочности при изгибе	МПа	300 - 450	400 – 600
Коэффициент вязкости разрушения	МПа·м ^{1/2}	3,5 – 4,0	5 – 6
Твердость	HV	1500 - 2000	1350 -1420



Catamold AO-F

Catamold AO-H

Catamold TZP – F 315

Рисунок 2 - Морфологии материалов Catamold, спеченных на воздухе при 1450-1600 °С.

Как видно из приведенного, передовая керамика на основе Al_2O_3 и ZrO_2 , изготавливаемая методом инъекционного формования из материалов Catamold, имеет высокие физико-механические свойства, что открывает для нее перспективу широкого применения в промышленности Республики Беларусь.

УДК 621.793:621.373.826

Получение порошка на основе алюминидов железа для нанесения защитных газотермических покрытий

Студент гр. 104614 Волчкович Д.В.

Научные руководители – Лецко А.И., Талака Т.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск.

Целью настоящей работы является разработка порошка на основе алюминидов железа для нанесения защитных газотермических покрытий, стойких к износу и воздействию высокотемпературной коррозии, и технологии его получения методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Существующие в настоящее время технологии получения FeAl материалов являются, как правило, многоступенчатыми и энергоемкими. Перспективной технологией получения интерметаллидов на основе FeAl является механоактивируемый самораспространяющийся высокотемпературный синтез (МАСВС), позволяющий повысить полноту превращения в слабозкотермичных системах, а также обеспечивающий возможность регулирования механизма фазовых превращений при СВС.

На основании выполненных исследований, в качестве оптимального выбран состав МАСВС порошка с содержанием 45 % алюминия, обеспечивающий формирование полностью эвтектидной структуры (FeAl-FeAl₂) с дополнительным упрочнением наноразмерными включениями интерметаллида Fe₂Al₅, высокую микротвердость 500-850 HV₅₀ и высокую термическую стабильность материала (до 1000 °С).

Исходными компонентами шихты служили порошок железа ПЖРВ2 дисперсностью - 100 мкм и порошок алюминия АСД-1 дисперсностью - 20 мкм.

Порошки реагентов смешивали в четырехбаночном смесителе в течение 6 часов. Высокоэнергетическую обработку шихты осуществляли в атриторе А-4,5 (скорость вращения вала импеллера 350 об/мин) в среде аргона при соотношении массы шаров к массе обрабатываемого материала 15:1. В качестве размольных тел использовали шары из стали ШХ15 диаметром 5 мм. Продолжительность обработки варьировали 180 мин.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез осуществляли в экспериментальном реакторе постоянного давления, оснащенном трубчатой печью с нихромовыми нагревателями для предварительного подогрева шихты. Инициирование СВС осуществляли с помощью вольфрамовой спирали, нагреваемой пропусканием электрического тока при температуре реакционной шихты 300 °С.

После извлечения из реактора, продукты синтеза подвергали размолу в молотковой, вибрационной и шаровой мельницах, с последующей классификацией полученных порошков и выделением требуемой фракции на трехпродуктовом пневмоклассификаторе. Для газотермического напыления использовалась фракция порошка от 10 до 45 мкм.

Разработанный порошок характеризуется текучестью порядка 60 с и насыпной плотностью 1,4 г/см³ для порошков с гранулометрическим составом 5-56 мкм. Эти параметры отвечают требованиям предъявляемые к порошкам для высокоскоростного газопламенного и детонационного напыления, что подтверждает практическую целесообразность получения разрабатываемого материала методом МАСВС.

Методами высокоскоростного газопламенного и детонационного напыления нанесены покрытия из разработанного порошка. Данные покрытия характеризуются пористостью менее 1,0 % и микротвердостью HV=831; HV=834 соответственно. Прочность сцепления с основой составляет 32,0 – 39,0 МПа. Высокое содержание алюминия и многофазная тонкозернистая структура обеспечивают высокие эксплуатационные характеристики покрытий, работающих в условиях коррозионноактивных атмосфер при повышенных температурах. Триботехнические свойства покрытий (абразивный, газоабразивный износ и испытание на трение-скольжение) близки к свойствам композитов на основе сложных интерметаллидов с карбидным и оксидным упрочнением. Кинетика окисления покрытий при температуре 950 °С описывается параболическим законом, свидетельствующим о высоких защитных свойствах формирующейся оксидной пленки и сравнима с кинетикой окисления покрытия NiCrAl-Al₂O₃.

Вывод: методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза разработан порошок на основе алюминидов железа для нанесения защитных газотермических покрытий, стойких к износу и воздействию высокотемпературной коррозии

УДК 621.785: 621.9.025.523

Плазменно-вакуумное упрочнение твердосплавного металлорежущего инструмента

Студент гр. 2 факультета ХТиТ Хвалько А.Е.

Научный руководитель – Вершина А.К.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В современной металлообрабатывающей промышленности для увеличения эксплуатационных сроков инструмента (резцов, сверл, фрез, разверток, калибров и др.) широко применяются различные методы нанесения износостойких покрытий на основе оксидов, карбидов, нитридов металлов [1]. Однако эффективность использования такого инструмента не достаточно высока как из-за отсутствия научно-обоснованных рекомендаций по его применению, так и вследствие отсутствия данных по выбору состава и параметров покрытия, а также оптимальных режимов резания применительно к решению конкретной технологической задачи.

Известно, что повышение стойкости инструмента обусловлено снижением интенсивности процессов, протекающих при диффузионном, абразивно-химическом и адгезионно-усталостном износах [2-5] при уменьшении температуры в контактных зонах детальинструмент-стружка и градиента температур по режущему клину. Следовательно, выбором химического состава и строения покрытия возможно изменение основных характеристик процесса резания и, в конечном итоге, управление важнейшими параметрами - износом инструмента и качеством обработки поверхности изделия.

В этой связи нами были проведены сравнительные стойкостные испытания и определены силовые характеристики процесса токарного продольного точения стали 45 при варьировании скорости, подачи и глубины резания твердосплавным (Т15К6) резцовым инструментом с одно- и многослойными покрытиями из нитрида, карбида и карбонитрида титана в зависимости от технологических параметров их синтеза.

Износостойкие упрочняющие покрытия наносились на установке УРМ 3.279.048, оснащенной электродуговым торцовым холловским ускорителем металлической плазмы с холодным катодом. Подготовка поверхности инструмента к напылению включала промывку, обезжиривание и декапирование поверхности в органических растворителях и водных растворах ортофосфорной и серной кислот с последующей сушкой и очисткой в вакуумной камере при давлении $2 \cdot 10^{-1}$ Па бомбардировкой ионами титана с энергией около 2 КэВ. Продолжительность осаждения TiC, TiN, TiNC составляла 20, 10 и 10 минут соответственно при токе дуги 80 А и отрицательном потенциале смещения 70 В, что позволяло получать покрытия толщиной до 5 мкм. Осаждение карбида и нитрида титана проводилось при давлении в камере 0,075 и 0,14 Па соответственно. Комбинированные карбонитридтитановые покрытия (TiNC) с переменным содержанием нитрида и карбида титана по сечению формировались путем последовательного уменьшения напуска углеводородных соединений (пропан-бутан) с одновременным увеличением расхода азота. Давление поддерживалось на отметке 0,15 Па при соотношении парциальных давлений в конечном итоге 1:7. Вследствие одинаковой кристаллической структуры, близких параметров решеток карбида и нитрида титана реализовывался плавный переход от TiC, непосредственно прилегающего к поверхности твердого

сплава Т15К6, к TiN, формируемому на наружной поверхности реза. Размеры твердосплавных пластин соответствовали форме 0201 А, геометрические параметры режущей части выбраны с учетом нормативных данных: главный угол 60° , вспомогательный угол в плане 15° , вспомогательный задний угол 8° , передний угол $+10^\circ$, передний угол по фаске -5° , ширина фаски 0,5 мм, радиус при вершине 0,5 мм. Испытания проводили на токарновинторезном станке модели 1К62. Инструмент закреплялся в тензометрическом динамометре, установленном на место резодержателя, что позволяло наряду со стойкостными испытаниями выполнять силовые измерения. Для определения линейного износа применялся микроскоп МИМ-8 и микрометр. В качестве контролируемых параметров были выбраны степень износа по задней грани (h , мм) и сила резания P (составляющие P_x и P_y) при варьировании скорости (v , м/мин), подачи (s , мм/об) и глубины резания (t , мм) для различных типов покрытий. Условия резания изменялись так, чтобы охватить чистовые и получистовые режимы обработки ($v=100-250$ м/мин, $s=0,1-0,5$ мм/об, $t=1,0-3,0$ мм) [3].

Установлено, что покрытие из карбида титана малоэффективно на малых скоростях и подачах (снижение усилия резания на 6-12%), но его применение весьма целесообразно при интенсивных режимах обработки, т.к. в этом случае снижение усилий резания достигает 35%. Применение же покрытий из нитрида титана более оправдано при небольших скоростях резания, снижение усилий составляет порядка 25%, в то время как при больших скоростях резания - всего 5%. Наличие двухслойного (TiC+TiN) -покрытия способствует практически одинаковому снижению на 20-40% усилий резания во всем диапазоне исследовавшихся подач и скоростей обработки. Полученные данные позволяют также отметить уменьшение степени снижения усилий резания при промежуточных значениях скоростей резания и подач в случае наличия в покрытии карбида титана.

Выявлено снижение усилий резания до 30% (по сравнению с необработанным твердосплавным инструментом) при использовании TiN- и в 1,5-2,3 раза при комбинированном TiCN –покрытиях. Сопоставление экспериментальных данных, полученных для инструмента с покрытиями при отсутствии и наличии указанного подслоя, показало снижение усилий резания в последнем случае на 6-30%.

Отмеченные закономерности изменения усилий резания при варьировании состава и слоистости покрытий на различных режимах обработки могут быть объяснены, повидимому, на основании работ [1-3], описывающих температурные изменения в зоне контакта инструмента с обрабатываемой деталью, и [6, 7], в которых изучалось влияние температуры на скорость износа и коэффициент трения карбидов и нитридов титана. Согласно [6], коэффициент трения TiN уменьшается с ростом температуры до 500°C и возрастает при дальнейшем увеличении последней, что связано с переходом от хрупкого разрушения поверхностного слоя к пластифицированию и развитию адгезионных процессов при высоких температурах. Аналогичным образом, не смотря на низкую пластичность карбидов вследствие недостаточной дислокационной подвижности из-за высокого значения силы Пайерлса-Набарро, ведет себя и TiC, с тем лишь различием, что минимальные значения его коэффициента трения реализуются при температуре около 900°C [7]. Следовательно, по достижении в зоне резания отмеченных температур повышение подачи, глубины или скорости обработки будет неизменно сопровождаться ростом сил резания в связи с увеличением коэффициента трения.

Литература

1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойким покрытием. М., 1986. 192 с.
2. Синопальников В.А., Терешин М.В., Тимирязев В.А. Диагностирование износа инструментов // Станки и инструмент. 1986. N1. С. 27-29.
3. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М., 1976. 278 с.
4. Dernley P.A., Trent E.M. Wear mechanisms of coated carbide tools // Metall Technology. 1982. V.9, N2. P.60-75.
5. Verkated V.C. Tool wear investigation on some cutting tool materials // Trans. ASME Journal Lubric. Technol. 1980. V.102, N4. P. 556-559.
6. Ткаченко Ю.Г., Орданьян С.С., Юрченко Д.З. и др. Получение и некоторые свойства нитрида титана в области гомогенности// Известия АН СССР, сер. неорганические материалы. 1983. Т. 19, N8. С. 1333-1336.
7. Ткаченко Ю.Г., Орданьян С.С., Юлюгин В.К. и др. Характеристики трения, особенности деформации в зоне контакта TiC в области гомогенности// Порошковая металлургия. 1979. N6. С.45-48.

Пути повышения эффективности процесса отверждения эпоксидных смол

Студенты к.4 гр. 4 ф-та ТОВ Орличеня Н.Г., Журавлева М.В.
Научный руководитель – Крутько Э.Т.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Эпоксидные смолы находят широкое применение в различных отраслях техники и технологии. Особенностью их химического строения является наличие в молекулах олигомеров не менее двух эпоксидных или глицидных групп, за счет которых происходит образование пространственного (сетчатого) полимера путем раскрытия эпоксидных циклов при взаимодействии с отвердителями и модификаторами, которые одновременно выполняют и функцию отвердителя.

Синтез эпоксидных олигомеров проводят в аппаратах, обеспечивающих безопасное ведение процесса. Эпоксидные олигомеры приобретают ценные технические свойства (механическую прочность, диэлектрические свойства, химическую стойкость, малую усадку и др.) после создания в них пространственной структуры. Покрытия на основе эпоксидных олигомеров - химически стойкие, водостойкие, электроизоляционные и теплостойкие. Их характеризует высокая адгезия к металлическим и неметаллическим поверхностям, стойкость к действию воды, щелочей, кислот, ионизирующих излучений, малая пористость, незначительная влагопоглощаемость и высокие диэлектрические показатели.

К новым материалам на основе эпоксидных олигомеров относятся порошки, системы без растворителей, а также водоразбавляемые и воднодисперсионные материалы.

В настоящее время разработаны различные отверждающие системы для эпоксидных олигомеров, эффективные в широком интервале температур (от 0 до 200°C).

В зависимости от температурных условий отверждения различают материалы холодного и горячего отверждения. Так, разработаны и используют процесс отверждения эпоксидных смол аминами, дикарбоновыми кислотами и их ангидридами, широко применяют каталитическое отверждение кислотами Льюиса, комплексами трифторида бора, триэтаноламином и другими соединениями.

Однако постоянно увеличивающиеся требования по улучшению эксплуатационных свойств эпоксидных материалов ставят задачи создания более эффективных отверждающих систем для эпоксидных олигомеров и их композиций.

В этой связи исследования в этом направлении являются целесообразными и необходимыми. Анализ научной и патентной литературы по этому вопросу показал, что наиболее перспективны системы отвердителей на основе полифункциональных олигомеров, различного химического строения, содержащих в составе макромолекул карбоксильные, амидо-, amino-, имидные группировки. Способные не только к отверждению эпоксидных смол, но и к их химической модификации.

Такой подход позволяет целенаправленно регулировать процессы структурирования в системе композиционных материалов за счет варьирования чистоты пространственной сетки и наличия адгезионно-способных функциональных групп в матрице полимера.

Исследование реологических свойств лаков промышленного производства и разработанных составов, применяемых в мебельном производстве РБ

Студентка гр. 4/2 Григорьева И.М.
Научные руководители – Крутько Э.Т., Коробко Е.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

На сегодняшний день доля импортных лакокрасочных материалов, применяемых в белорусской мебельной промышленности, велика. Актуальной является разработка новых составов лаков и клеев, не уступающих по своим эксплуатационным характеристикам импортным аналогам. Для осуществления этой задачи необходимо всестороннее изучение характеристик и свойств лакокрасочных материалов, используемых в производстве.

Наибольшее количество вопросов связано с определением вязкости клеев и лаков. Вязкость характеризует сопротивление жидкости течению. От точности ее измерения зависят способ нанесения, расход и скорость впитывания в материалы с разным размером пор. Подавляющее большинство жидких клеев и лаков относится к так называемым псевдопластичным жидкостям. Вязкость таких жидкостей уменьшается с увеличением скорости течения (например, при перемешивании), причем зависимость вязкости от скорости течения у разных клеев различна. Кроме того, вязкость всех жидкостей зависит и от температуры [1,2].

Поэтому целью работы является исследование вязко-пластичных свойств импортного лака D 3030 (1K-Polyuretan-Lack) Kontracid ® D 3030 промышленного производства и разработанных импортозамещающих составов лака для мебельных и столярных производств РБ.

Реологические измерения проводятся на ротационном вискозиметре модели «Реотест 2.1» при непрерывной деформации в диапазоне скоростей сдвига $11.0 - 4860 \text{ с}^{-1}$ и температур $20 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$. Измерительная ячейка прибора представляет собой рабочий узел типа «конус-пластина».

Исследуемая среда помещается в зазоре между конусом и пластиной и термостатируется с помощью специальной бани, подключенной к жидкостному циркуляционному термостату. Контроль температуры осуществляется на нижней пластине. Конус, вращающийся с постоянной угловой скоростью, соединен через измерительный вал с цилиндрической винтовой пружиной, отклонение которой является мерой вращающего момента M , действующего на конус. Отклонение пружинного элемента регистрируется потенциометром, включенным в мостовую схему, при этом изменение тока в диагонали моста пропорционально вращающему моменту пружины M .

Затем для данной ротационной системы рассчитывались напряжение сдвига τ и скорость сдвига $\dot{\gamma}$ по соответствующим формулам: $\tau_r = z \alpha$ и $\dot{\gamma} = \tau_r / \eta$, где τ_r – сдвигающее напряжение, 10^{-1} Па ; z – постоянная конуса; α – отсчитываемое значение шкалы на индикаторном приборе, η – динамическая вязкость, $\text{мПа}\cdot\text{с}$.

Для исследования были выбраны немецкий лак D 3030 (1K-Polyuretan-Lack) Kontracid ® D 3030, широко используемый в отечественном мебельном производстве, и два разработанных впервые аналога немецкого лака Образец 1 и Образец 2.

Поскольку в процессе проведения эксперимента лаки отверждались, несмотря на короткий временной интервал проведения опыта (порядка 2 мин), то для получения достоверных значений реологических показателей, была разработана особая методика. Суть ее заключалась в определении гистерезиса значений напряжения сдвига, возникающего при движении по кривой течения (зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига) вверх (от меньших к большим скоростям сдвига) и вниз. Методика сводилась к следующему:

Необходимое количество (0,1 мл) исследуемого материала помещается в клинообразный зазор между пластиной и конусом. В случае нагрева, пластина и конус предварительно разогревается до 40 или 60 $^\circ\text{C}$.

Измерения проводятся в изотермических режимах в диапазоне температур $20 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ и скоростях сдвига от 11 до 4860 с^{-1} . Такие условия проведения эксперимента соответствуют реальным условиям нанесения лакокрасочных покрытий в мебельном производстве.

Далее строятся кривые течения ЛКМ при заданной температуре.

Результаты измерений приведены на рисунке 1.

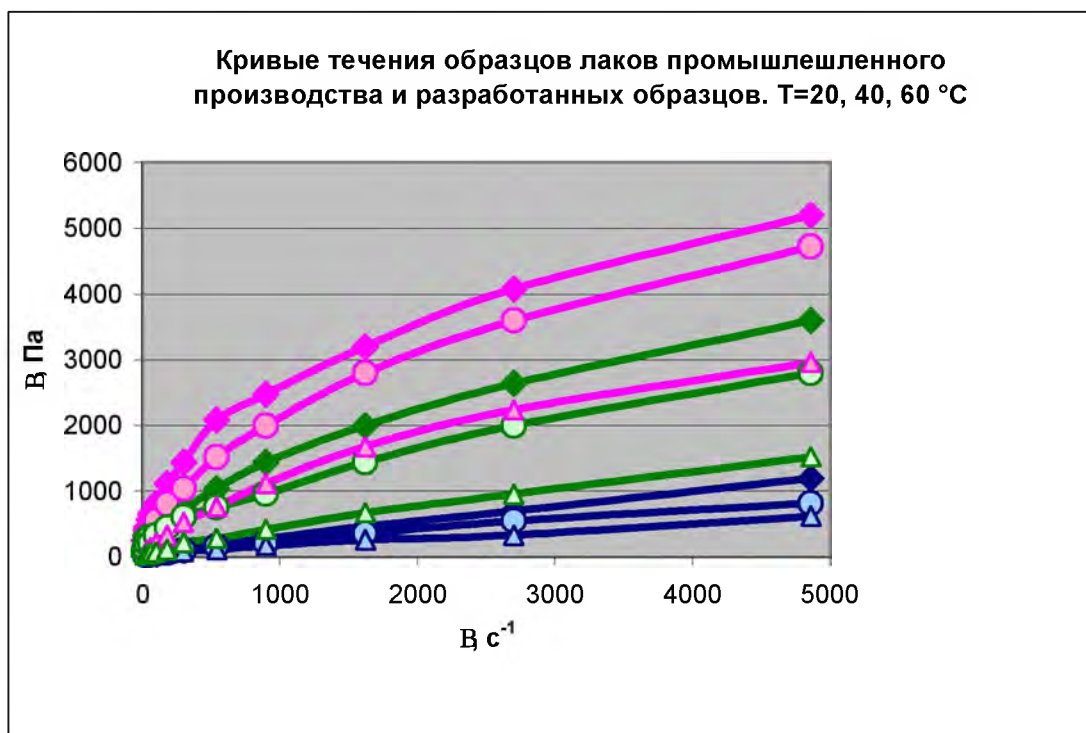


Рисунок 1 – Кривые течения образцов лаков при различных температурах.

Анализ графика показывает, что реологическое поведение исследуемых образцов соответствует классическому поведению, описанному в литературе. Из графика видно, что при увеличении скорости сдвига увеличивается напряжение сдвига τ , Па. Кривые можно аппроксимировать полиномиальной функцией второго порядка.

Видно, что температура по-разному влияет на исследуемые образцы. Так, с увеличением температуры с 20 до 60 °С напряжение сдвига образцов уменьшается: №1 – в 1,8 раза, №2 – в 2,7 раза и D3030 – в 2 раза.

Исходя из проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Температура оказывает заметное влияние на изменение вязко-пластичных свойств исследованных лаков. В среднем при повышении температуры с 20 до 60 °С напряжение сдвига уменьшается в 2 раза.

2. Вязкость экспериментального образца лака №2 при 60 °С приближается к вязкости немецкого лака D3030 при 20 °С. Это позволяет наносить экспериментальный образец лака при температуре 60 °С теми же методами, что и D3030 при 20 °С (например, пневматическим, гидравлическим распылением). В случае нанесения другими методами (например, окунаем, обливом, ручными) возможно использование экспериментальных образцов лаков при комнатной температуре.

Литература

1. Горшкова Е.В., Горшков П. Дефекты лакокрасочных покрытий при отделке древесины // Мебельная информация. 2006. № 4, 5.
2. ГОСТ 25271.

УДК 621.785:621.762

Получение защитных покрытий на изделиях из порошковых материалов

Студент гр. 07-М-СА1 Якименко Д.С.

Научный руководитель – Соколов Е.Г.

Кубанский государственный технологический университет
г. Краснодар

Методы порошковой металлургии находят широкое применение в различных отраслях машиностроения. Прежде всего, это объясняется их высокой экономической эффективностью при крупносерийном и массовом производстве. Основным потребителем продукции порошковой металлургии является автомобильная промышленность. Так, в каждом автомобиле ВАЗ 2106 используется 1,6 кг деталей, полученных из порошковых материалов, в автомобиле ВАЗ 2110 до 4 кг, а в более новых моделях количество порошковых деталей еще больше. Номенклатура этих деталей (массой от 1,5 до 600 г) составляет не менее 150 наименований. Недостатком изделий, полученных методом порошковой металлургии, является низкая коррозионная стойкость.

Детали автомобиля часто подвергаются коррозии от действия соляных растворов, образующихся из-за нанесения соли на проезжую часть в зимнее время. В связи с этим актуальна разработка методов защиты деталей автомобиля от коррозии в растворах солей и в других агрессивных средах.

В настоящей работе решена практическая задача по нанесению защитного титанового покрытия на деталь – гайку, изготовленную из порошкового материала.

Исследования по нанесению диффузионных титановых покрытий проводили на образцах плотностью 95 и 85%, изготовленных из материала ПЖВ 2.160.26. После прессования детали спекали в аргоне при 1150° С в течение 2 часов. Затем нарезали внутреннюю резьбу М10 и проводили титанирование. Для спекания и получения диффузионных покрытий использовали реконструированную электропечь СГВ-2.4-2/15-Н3. Титанирование осуществляли в расплаве эвтектики Pb-Bi с содержанием порошка титана 3% по массе. Температура диффузионного насыщения составляла 1100° С, продолжительность 2...6 ч.

После титанирования измеряли размеры деталей на большом инструментальном микроскопе с цифровым индикатором фирмы «Карл Цейс Йена» с точностью 0,001 мм.

Исследования коррозионной стойкости образцов в 3% водном растворе NaCl и в 10 % водном растворе H₂ SO₄ проводили весовым методом. Взвешивание образцов до и после выдержки в названных средах осуществляли на аналитических весах «Adventurer AR2140». Перед взвешиванием образцы тщательно очищали от продуктов коррозии, промывали спиртом и высушивали. По результатам испытаний интенсивность коррозии оценивали как потерю массы на единицу площади поверхности (г/м²) за определенное время.

Титановые покрытия, полученные при указанных режимах диффузионного насыщения, представляют собой твердый раствор Ti в α -железе. Структура покрытий состоит из столбчатых зерен α -фазы, ориентированных перпендикулярно поверхности. На поверхности формируется тонкий слой, содержащий интерметаллид TiFe с концентрацией титана 48% вес. Между столбчатыми кристаллами α -фазы наблюдается сетка интерметаллидов TiFe₂.

При насыщении титаном размеры деталей увеличиваются. Толщина покрытия на железе плотностью 95% при длительности выдержки 6 ч составляет 270 мкм, а прирост размера детали на каждую сторону составляет 41 мкм. Следовательно, покрытие растет как внутрь, так и наружу насыщаемого изделия. Увеличение размеров можно считать незначительным. Из таблицы 1 видно, что размеры гайки до и после титанирования находятся в пределах допусков, предусмотренных ГОСТ 5916-70.

Коррозионные испытания показали, что в 3% водном растворе NaCl наиболее эффективную защиту порошковых изделий обеспечивают титановые покрытия (рисунок 1). Для сравнения на рисунке приведена потеря массы аналогичного материала с хромовым покрытием.

Таблица 1 – Изменение размеров гайки при титанировании

Размер детали	До титанирования, мм	После титанирования, мм
под ключ	16,880	16,962
диаметр вершин зубьев	8,529	8,448

Диффузионное титанирование повышает коррозионную стойкость порошковых материалов и в 10 %-м водном растворе H₂SO₄. После 6-часовой выдержки в этой среде потеря массы титанированных деталей составляет 47,3 г/м², а образцов без покрытия – 56,5 г/м².

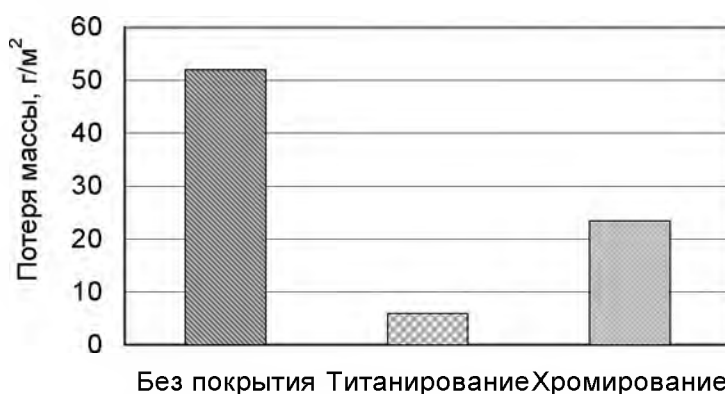


Рисунок 1 – Коррозионная стойкость железа ПЖВ 2.160.26, $\gamma=85\%$, в 3%-м водном растворе NaCl (продолжительность испытания 72 ч)

Таким образом, титановые покрытия эффективно защищают порошковые материалы в различных агрессивных средах.

УДК 621.922.02

Зависимость качества обрабатываемой поверхности от физико-механических свойств полимерной связки абразивного инструмента.

Студент гр. 104615 Марукович С.С.
 Научный руководитель – Григорьев С.В.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является исследование зависимости качества обрабатываемой поверхности от физико-механических свойств полимерной связки абразивного инструмента.

Постоянный рост требований к точности и качеству рабочих поверхностей заставляет тщательнее исследовать и использовать технологические возможности методов окончательной обработки, из которых наиболее распространенным является шлифование – наиболее производительный способ формообразования. Шлифование обеспечивает допуск при обработке поверхностей до сотых долей миллиметра, высокую чистоту обработки и высокую степень ровности. При обработке закаленных и специальных легированных сталей и сплавов, это наиболее промышленно-приемлемый метод, а широко внедряемые современные материалы (керамика, армированные металлы и полимеры, многослойные металлы с неметаллическим ламинированием) зачастую могут быть обработаны только при помощи шлифования.

При шлифовании невозможно наблюдать непосредственно процесс резания, поэтому крайне необходимо знать факторы, влияющие на качество и точность шлифования. Одним из таких факторов

является связка. От качества связки зависит коэффициент использования потенциальных возможностей инструмента, область его применения, работоспособность, производительность и экономическая эффективность. Кроме того, состав связки определяет технологичность и сложность производства инструмента. Связка должна обеспечивать высокую режущую способность инструмента, наиболее полное использование абразивных зерен, малое тепловыделение, низкий коэффициент трения, способствовать снижению параметров шероховатости обработанной поверхности, исключать схватывание с обрабатываемым материалом. От связки зависит не только износостойкость инструмента, но и механизм резания, и характер взаимодействия с обрабатываемым материалом, сила и температура резания, структурное и напряженное состояние поверхностного слоя обработанного изделия, коэффициент трения, адгезионные и диффузионные явления в зоне резания.

Любая связка – это многоэлементная композиция, причем каждый ингредиент композиции может существенно менять ее свойства. Аналитически оценивать значительное количество влияющих факторов весьма трудоемкое занятие, также не возможно каждый раз проводить эксперименты по определению температур и деформаций связки и обрабатываемого материала.

На практике наиболее широкое применение находят круги на органических связках (55% от общего количества), т.к. такой инструмент прост в изготовлении и универсален в работе; обладает самозатачиваемостью и высокой режущей способностью; работает с охлаждением и без него; используется как для доводочных чистовых операций шлифования, так и для заточки твердосплавной части инструмента, а также твердого сплава со сталью (круги на связке Б156); позволяет получать низкие параметры шероховатости и бездефектные поверхностные слои. Все органические связки (Б1, Б2, Б3, Б4, Б8, БР, Б156, БП2, БП3, ТО2, 01) представляют собой композиции на основе порошкообразного органического связующего материала – пульвербакелита (ПБ) – измельченной смеси новолачной феноло-формальдегидной смолы с уротропином. Предел прочности на растяжение ПБ не менее 13 МПа, а после действия 2%-ного раствора соды на образец – не менее 65 МПа. ПБ имеет много достоинств – высокую износостойкость, влагостойкость, простоту совмещения с другими порошковыми компонентами, низкие параметры переработки – давление и температуру. Тепло- и термостойкость ПБ значительно ниже температур, возникающих в процессе работы инструмента (теплостойкость фенолоформальдегидных полимеров не превышает 250°C). В настоящее время в качестве связующего материала активно применяются жидкие органические смолы. Они обеспечивают лучшее смачивание и более полное обволакивание абразивных частиц связкой по сравнению с прессованным ПБ, в результате чего повышается стойкость инструмента. Используя составы на жидких смолах, можно изготовить инструмент без применения давления, что предотвращает дробление зерен при прессовании, к тому же, пресс-формы для жидких составов отличаются значительной простотой конструкции.

Для того чтобы абразивный инструмент имел высокую производительность и стойкость, его связка должна быть достаточно прочной, чтобы надежно удерживать абразивное зерно до его полного износа и в то же время изнашиваться с такой же интенсивностью. Прочность удержания зерен является одним из важнейших условий работоспособности, основным критерием выбора связки шлифовального инструмента. Прочность удержания зерен можно оценивать по длительности их нахождения в связке или по размеру площадки затупления при установившемся режиме резания одного и того же материала. При этом, чем больше площадка износа, тем выше прочность удержания зерен.

Прочность закрепления зерна в связке главным образом зависит от типа и состава (компонентов) связки, от глубины заделки, формы, величины и развитости поверхности абразивного зерна. Зерно удерживается в матрице, во-первых, за счет механического охвата материалом связки и, во-вторых, вследствие химического взаимодействия компонентов связки с поверхностью абразивного зерна. Последнее является наиболее эффективным средством повышения прочности удержания, достигается введением в связку химически взаимодействующих с абразивом компонентов. Сила удержания зависит от адгезионной активности компонентов связки к поверхности абразивного зерна и растет с увеличением адгезии.

Помимо прочности удержания зерна и износостойкости, большое значение имеет коэффициент трения, а также характер взаимодействия связки с обрабатываемым материалом. Связка должна обладать антифрикционными свойствами. Антифрикционные свойства связок зависят прежде всего от их типа и состава: основы связок, наполнителей и вводимых твердых смазок, адгезионных и диффузионных свойств. В качестве твердых смазок применяют графит, фториды кальция, кадмия и цинка, нитриды циркония и бора, бориды титана, хрома, молибдена, сульфиды цинка и железа, некоторые органические смазки.

Выводы: таким образом правильно подобранные для конкретных условий обработки режимы резания и связка существенно увеличивают период стойкости инструмента и качество обрабатываемой поверхности, исключая прижоги и термические трещины.

Выбор марки электродов для ручной электродуговой сварки с помощью обобщенного параметра оптимизации

Студенты гр. 104817 – Забавнюк А.В., Острога С.П.
 Научный руководитель – Голубцова Е.С.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Целью данной работы является выбор марки электрода для ручной дуговой сварки среднелегированной закалывающей стали 15X2НЧМДА.

Во многих отраслях промышленности всё более широкое использование получают высокопрочные стали с пределом текучести 600...1000 МПа, например стали 30ХГСА, 15X2Н4МДА и др.

Сварка стали 15X2Н4МДА представляет сложную технологическую задачу. Склонность к образованию в околошовной зоне грубых закалочных структур под воздействием термического цикла сварки, наличие высоких сварочных напряжений и другие причины обуславливают опасность возникновения холодных околошовных трещин в зоне термического влияния.

Существующие варианты технологий сварки данной стали предусматривают меры способствующие ослаблению отрицательного воздействия перечисленных факторов. Прежде всего, используют предварительный подогрев и термическую обработку сварных соединений. Однако применение таких мер при сварке крупногабаритных и толстостенных конструкций существенно усложняют технологический процесс, а в ряде случаев это практически невозможно.

Одним из вариантов практического осуществления является применение сварочных материалов, обеспечивающих получение металла шва с химическим составом и структурой низкоуглеродистой мартенситной или аустенитно-мартенситной стали. Технология ручной электродуговой сварки предусматривает использование электродов марок: АНВН-60, АНБП-80 и АНВП-100, которые обеспечивают металл шва с разным уровнем предела текучести – соответственно 600, 800 и 1000 МПа.

Указные сварочные материалы обладают высокими сварочно-технологическими свойствами: стабильностью дугового процесса, самоотделяемостью шлаковой корки, качественным формированием поверхности шва, отсутствием пор и шлаковых включений в наплавленном металле. Все перечисленные сварочные материалы обеспечивают при сварке высокопрочной стали 15X2Н4МДА аустенитно-мартенситную структуру сварочного шва с твердостью 300 НV.

Каждый из трех сварочных материалов АНВН-60, АНБП-80 и АНВП-100 обеспечивают различное сочетание величин представленных механических свойств. Какой же из трех представляет их наилучшее сочетание дает ответ обобщенная функция желательная Харрингтона.

В основе ее построения лежит идея преобразования натуральных значений частных параметров оптимизации в безразмерную шкалу желательности. Трудность состоит в том, что каждый параметр оптимизации имеет свой физический смысл и свою размерность. Поэтому для каждого параметра вводят некоторую безразмерную шкалу. После этого выбирают правило комбинирования исходных частных откликов в обобщенный показатель.

Чтобы получить шкалу желательности удобно пользоваться готовыми табличными соответствиями между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой системах.

С помощью формулы $d_i = \exp[-\exp(-y_i)]$ находим для каждого параметра y_i частную функцию желательности d_i , подставляя в эту формулу кодированные значения y_i' .

График функции желательности для выбора марки электрода представлен на рисунке 1.

На оси ординат нанесены значения желательности, а на оси абсцисс – значения отклика в условном масштабе.

Кривую желательности обычно используют как номограмму.

Обобщенный параметр оптимизации D находим по формуле:

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot \dots \cdot d_n} \text{ или } \sqrt[n]{\prod_i d_i}, \text{ где } d_1 \dots d_n - \text{частные функции желательности}$$

Из проведенных расчетов следует, что наилучшие результаты имеет ЭК-17ВИ, у которого $D=0,55375$.

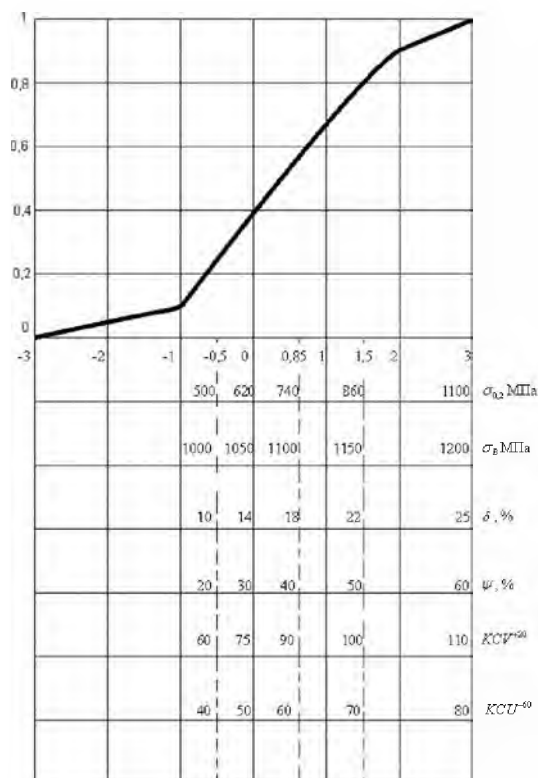


Рисунок 1 – График функции желательности

УДК 621.762.4

Пластификация эпоксидной смолы ЭД-20 рапсовым маслом и свойства полученных композиций

Студентка гр.4/2, к. 5, факультет ТОВ – Климашевич В. Б.
 Научный руководитель – Крутько Э. Т.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Пластификация полимеров является одним из распространенных способов получения материалов с заданными свойствами. В данной работе проводилось исследование влияния пластификатора (рапсового масла) на эпоксидную смолу ЭД-20, представляющую собой растворимые и плавкие реакционноспособные олигомерные продукты на основе эпихлоргидрина и дифенилолпропана [1].

Эпоксидные смолы применяются в качестве:

- 1) эпоксидного клея
- 2) пропиточного материала вместе со стеклотканью для изготовления и ремонта различных корпусов (лодки, элементы кузова автомобиля и др.) или выполнения гидроизоляции помещений (пол и стены подвальных помещений, бассейны).
- 3) защитного покрытия.

Эта смола наиболее часто используется в лакокрасочной промышленности, однако по ряду причин её свойства не вполне удовлетворяет производителей. Это связано с тем, что:

- 1) Содержание в смоле различных сложных стабилизаторов, улучшающих гидрофильность системы, сильно повышает вязкость ЭД-20, что значительно усложняет процесс её транспортировки и увеличивает энергозатраты производства лакокрасочных материалов.
- 2) Невысокая устойчивость используемой смолы к механическим нагрузкам негативно влияет на качество лакокрасочной продукции.

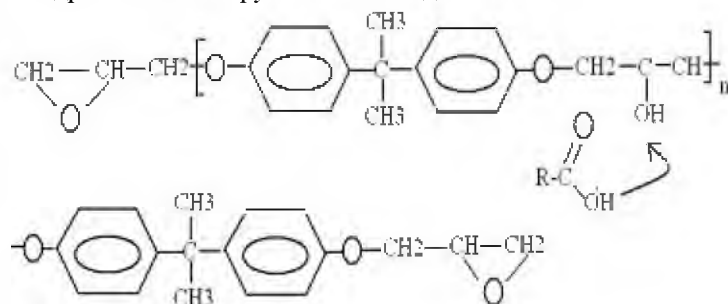
Для того чтобы исследовать влияние пластификатора на свойства исходной смолы нужно было:

- 1) Определить структуру и свойства смолы ЭД-20 и рапсового масла.
- 2) Установить оптимальную концентрацию пластификатора и повысить устойчивость системы к механическим нагрузкам.
- 3) Выявить особенности смолы ЭД-20 и композиций на её основе при различных деформационных воздействиях.

Чтобы исследовать строение пластификатора, было проведено определение кислотного числа рапсового масла, так как в его состав входят триглицериды ненасыщенных кислот (пальмитиновой, стеариновой), моновенасыщенных (пальмитолеиновой, олеиновой, эйкозеновой, эруковой), полиненасыщенных (линолевой, линоленовой), а также некоторое количество этих кислот в свободном состоянии. А также определялось кислотное число смолы ЭД-20 и композиций приготовленных на основе смолы с концентрациями рапсового масла: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Композиции приготовлены с использованием пропеллерной мешалки с постоянной скоростью вращения ($n = 2000$ об/мин) за одинаковые промежутки времени.

Кислотное число рапсового масла определялось титрометрическим методом с потенциометрической индикацией, который применяется для всех видов растительных масел для определения кислотного числа в диапазоне $0,2 - 30,0$ мг КОН/г[2].

В результате измерений установили, что кислотное число композиций возрастает с увеличением концентрации пластификатора. В сравнении с кислотным числом исходных веществ, а именно к.ч. (ЭД-20)=1 мг КОН/ г и к.ч. (РМ)=7,1 мг КОН/ г кислотное число исследуемых композиций заметно отличается (0,3, 0,7, 0,9, 1,3, 1,8 мг КОН/ г соответственно для 5%, 10%, 15%, 20%, 25%). Это свидетельствует о том, что часть свободных карбоновых кислот рапсового масла были, возможно, нейтрализованы вторичными гидроксильными группами эпоксидной смолы:



Структурно-реологические характеристики определяли с помощью ротационного вискозиметра – РЕОТЕСТ-2, при помощи цилиндрических измерительных устройств по Стирле при $T=20 \pm 2^\circ\text{C}$. [3]. Результаты всех испытаний представлены в таблице.

Таблица – Структурно-реологические характеристики смолы и композиций на её основе

Название композиции	P_{k1} , Па	η_0^* , 10^5 , Па·с	P_{k2} , Па	η_m^* , $\times 10^5$, Па·с	P_m , Па	P_{k2}/P_{k1}	P_m/P_{k1}	$\eta_0^* \eta_m^*$
ЭД-20	12,77	0,27	36	0,18	55,33	2,82	4,33	0,09
ЭД-20+5%РМ	10,94	0,12	27,78	0,068	55,33	2,53	5,06	0,052
ЭД-20+10%РМ	10,94	0,17	23,46	0,12	55,33	2,14	5,06	0,05
ЭД-20+15%РМ	2,43	0,135	42,5	0,061	55,33	17,49	22,77	0,074
ЭД-20+20%РМ	0,05	-	-	-	55,33	-	-	-
ЭД-20+25%РМ	2,43	-	-	-	55,33	-	-	-

На основании данных, представленных в таблице, видно, что с увеличением концентрации пластификатора до 10% отношение пределов прочности P_{k2}/P_{k1} меняется незначительно, а при концентрации 15% значительно возрастает, а соотношение P_m/P_{k1} возрастает с увеличением концентрации пластификатора (до 20%), что приводит к увеличению прочности пространственных структур данных композиций.

Таким образом, с возрастанием концентрации пластификатора более 15% свойства композиций постепенно отдаляются от свойств псевдопластичных (аномальных) систем и приближаются к ньютоновским системам, для которых вязкость линейно зависит от скорости сдвига. С ростом концентрации

рапсового масла эффективная вязкость падает, оптимальная концентрация пластификатора – 15%, т. к. в этом случае эффективная вязкость системы уменьшается в 5 раз, а динамический предел R_{k2} текучести резко возрастает, это связано с природой связей образуемых смолой с пластификатором.

Литература

1. ГОСТ 10587-84. «Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия».
2. ГОСТ 5476-80. «Масла растительные. Методы определения кислотного числа».
3. СТБ ИСО 6388-2001. «Вещества поверхностно активные. Определение характеристик текучести с помощью ротационного вискозиметра».

УДК 621.785: 621.9.025.523

Плазменно-вакуумное упрочнение круглопильного дереворежущего инструмента

Студент гр. 2 факультета ХТиТ Шабан Е.Е.

Научный руководитель – Вершина А.К.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Эффективное использование основных производственных фондов в лесном комплексе определяется внедрением современных видов оборудования и совершенствованием серийно выпускаемого. При этом особые требования предъявляются к дереворежущему инструменту в связи с интенсификацией режимов обработки, в частности режимов пиления круглыми пилами, сверления, фрезерования, а также точности обработки из-за изменения системы допусков и посадок.

Применение традиционных известных методов повышения режущих свойств деревообрабатывающего инструмента путем его сложного легирования в настоящее время ограничено из-за дефицита ряда химических элементов. Кроме того, в ряде случаев этот путь не дает требуемых результатов. Поэтому в последнее время в мировой практике все большее применение находят методы повышения работоспособности инструмента путем нанесения соответствующих функциональных покрытий. Эти методы обладают высокой производительностью, универсальностью, экономичностью. Появляется возможность управления условиями формирования и свойствами покрытий, а также свойствами композиций покрытия - инструментальный материал.

Кристаллохимические, физико-механические и теплофизические свойства покрытий на поверхностях режущего инструмента могут сильно отличаться от соответствующих показателей инструментального материала [1]. Поэтому покрытие способно заметно улучшить свойства инструментального материала с точки зрения повышения его сопротивляемости микро- и макроразрушению [2]. Применение покрытий для деревообрабатывающего инструмента может способствовать уменьшению контактных нагрузок, снижению мощности тепловых источников и благоприятному перераспределению тепловых потоков, тем самым уменьшая термохимическую напряженность режущей части инструмента.

Особый интерес в этом направлении представляет создание на поверхностях тонкопленочных износостойких композиций с градиентным распределением свойств, являющееся новым этапом в совершенствовании структуры инструментального материала [3]. Причем наиболее эффективным методом формирования модифицированных слоев с высокой износостойкостью являются плазменно-вакуумные методы, обладающие по сравнению с методами химико-термической и лазерной обработки, ионной имплантации и химического осаждения рядом преимуществ. Среди последних следует выделить низкую температуру осаждения покрытий (200-500°C), высокую адгезионную прочность, возможность варьирования наносимого материала, возможность обработки сложнопрофильного и крупногабаритного инструмента, изготовленного из различного материала, включая диэлектрический, высокую чистоту наносимого покрытия относительную его однородность по толщине, возможность автоматизированного управления процессом упрочняющей обработки.

Для деревообрабатывающего инструмента покрытие должно рассматриваться как своеобразная промежуточная технологическая среда между контактирующими поверхностями инструментального (диск пилы) и обрабатываемого (древесина) материалов с уникальной способностью одновременно снижать термомеханическую нагрузку в зоне резания и повышать сопротивляемость контактных площадок инструмента разрушению в связи с этим для рассматриваемого вида инструмента покрытие должно быть как минимум двухслойным: первый слой, непосредственно осаждаемый на диск пилы – высокотеплопроводный, второй – износостойкий. В качестве высокотеплопроводного подслоя предложено использовать медь и углерод, осаждаемые соответственно вакуумным электродуговым методом и методом магнетронного распыления, а в качестве материалов износостойкого слоя – тугоплавкие соединения хрома и титана.

Стойкостные испытания круглопильного дереворежущего инструмента, упрочненного вышеотмеченными композициями, показали, что при резании медный подслой толщиной менее 0,5 мкм не оказывает существенного влияния на стойкость инструмента. С точки зрения увеличения теплового влияния покрытия толщина медного подслоя должна быть по возможности большей. Однако при соотношении

толщины высокотеплопроводного слоя к общей толщине покрытия, превышающей 0,4, за счет возникновения критических растягивающих напряжений и в результате температурного разупрочнения медного подслоя происходит хрупкое разрушение износостойкого покрытия и, как следствие, снижение стойкости инструмента.

Аналогичная ситуация наблюдается при использовании вместо медного подслоя углеродного. Однако здесь предельное значение указанного соотношения существенно меньше и составляет порядка 0,15. В целом анализ результатов стойкостных испытаний показал, что нанесение износостойкого высокотеплопроводного покрытия позволяет повысить стойкость дисковой пилы в 1,4-1,7 раза.

Следует отметить, что в научно-технической литературе, описывающей опыт освоения в производстве износостойких покрытий, относительно состава и многослойности композиционных покрытий преобладает эмпиризм, встречаются подчас противоречивые данные. И если в качестве материалов подслоя, непосредственно прилегающего к диску пилы, однозначно должны быть использованы материалы с высоким коэффициентом теплопроводности, то материалом износостойкого слоя могут быть также и сплавы стеллита (ВЗК, ВЗКР). Технология упрочнения дереворежущего инструмента путем наплавки указанных материалов на зубья рамных и круглых пил сегодня востребована на предприятиях лесотехнического профиля Западной Европы и России. Применение этих материалов в ряде случаев дает существенное повышение износостойкости инструмента. Однако сложности технологии наплавки стеллита, применение плющилок или плющильных автоматов, необходимость строгого поддержания дозированного нагрева зуба и послеоперационной термической обработки инструмента с наплавленным материалом требуют разработки для этих целей специализированных станков и автоматов, что также не всегда экономически оправдано.

Поэтому более рациональным представляется использование сплавов стеллита в качестве упрочняющих материалов в тонкопленочном исполнении, формируемых плазменно-вакуумными методами. При таком подходе не только устраняются недостатки технологии наплавки и известные проблемы эксплуатации напаянного инструмента, но и появляются возможности управления процессом формирования и структурой упрочняющей композиции.

Литература

1. Григорьев С.Н., Кутергина Т.Н. Оценка эффективности технологий нанесения покрытий на режущий инструмент // Вестник машиностроения. 2005. № 2. С. 68-72.
2. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М: Машиностроение, 1993.
- Фадеев В.С., Верхотуров А.Д., Паладин Н.М., Чигрин Ю.Х. Разработка и создание слоистых материалов инструментального назначения с заданным градиентом свойств // Перспективные материалы. 2004. № 5. С. 45-52.

Охрана труда и промышленная безопасность

Студенты гр. 104114 Сошенко А.А., Козлова О.В.
Научный руководитель – Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Загазованность воздуха рабочих мест литейных цехов является одним из основных факторов производственной среды, оказывающих влияние на состояние условий труда литейщиков и на организм работающих. Основными источниками выделения вредных веществ в литейных цехах являются стержневые автоматы с нагреваемой оснасткой, установки холоднотвердеющих смесей, заливаемые формы и выбивка отливок из форм. При разработке современного оборудования для указанных процессов предусматривается оснащение его устройствами по улавливанию и удалению вредных выделений, чтобы не наблюдалось попадания газов в воздух рабочей зоны. Таким образом в проектируемых или реконструируемых литейных цехах, оснащаемых современным оборудованием, не требуется прогнозирования загазованности участков.

Однако для производств, где используется старое литейное оборудование и не предусматривается его замена современным, оценку ожидаемой загазованности воздуха рабочих зон участков литейных цехов необходимо осуществлять. Тем более это следует делать, чтобы показать в ряде случаев ошибочность решений проектантов, не заменяющих в реконструируемых цехах старое оборудование на современное, имеющее устройства улавливания и удаления вредных газов. Кроме того это позволит получить объективные данные по содержанию газов, необходимые для расчета систем приточно-вытяжной вентиляции участков этих цехов. Для определения прогнозируемых концентраций газов в воздухе участков литейных цехов использовали стандартные уравнения газовой динамики [1—3], но при этом ограничились рассмотрением газовых смесей только с двумя компонентами. Одним из этих компонентов является газ, входящий в состав выделяющейся газовой смеси, а другим — воздух помещения участка.

На основании результатов проведенных исследований была построена диаграмма содержания различных вредных веществ в воздухе рабочих зон участков литейных цехов с различным характером производства, которая показывает, что в воздушной среде литейных цехов отмечаются оксид углерода, азота оксиды, фенол, формальдегид, метиловый спирт, этиловый спирт, углеводороды, ангидрид сернистый, аммиак и др. Наличие и количество того или иного вещества в воздухе рабочих зон определяется применяемыми технологическими процессами.

Наибольшему влиянию вредных веществ в литейных цехах подвергаются работающие при подготовке формовочных материалов, приготовлении стержневых смесей, плавке металла, заливке и выбивке форм. Причем практически на всех участках фиксируется оксид углерода, в одних случаях происходит его выделение при протекании технологических процессов (стержневой, плавильный, заливочный, выбивной, термообрубной участок), а в других — за счет миграции с соседних неизолированных друг от друга участков (высокая подвижность воздуха и разные величины кратностей воздухообмена на различных участках). Поэтому при проектировании литейных цехов необходимо размещать участки с разными газовыделениями изолированно друг от друга или создавать одинаковые кратности воздухообмена во избежание переноса загазованного воздуха на рядом расположенные участки, где нет выделений вредных веществ.

Самая неблагоприятная обстановка по оксиду углерода отмечается на рабочих местах плавильщиков и заливщиков, где концентрации превышают допустимые в 1,5—2 раза. При этом следует отметить, что в цехах массового производства, несмотря на большую интенсивность технологических процессов, не фиксируются наибольшие концентрации оксида углерода. Это говорит об эффективности вытяжной системы вентиляции. И совершенно иная картина имеет место при заливке форм на плацу в цехе среднего и крупного литья серийного производства, когда концентрация достигает в среднем 40—50 мг/м³.

Наибольшему воздействию вредных веществ подвергаются стерженщики литейных цехов (в основном массового производства), где используются технологические процессы изготовления стержней по нагреваемой оснастке. На этих рабочих местах фиксируется превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) в среднем до 1,5—2 раз, однако максимально разовые концентрации веществ превышают допустимые до 4—5 раз. Такое положение создается недостаточным отсосом загрязненного воздуха системой вытяжной вентиляции от стержневых ящиков, а также тем, что доотверждение стержней происходит здесь же у рабочих мест. Аналогичное положение характерно и для стержневых участков и участка литья гильз литейного цеха серийного производства. Однако следует отметить, что на стержневом участке литейного цеха, где используются жидкостекольные смеси, обстановка с загазованностью воздуха рабочих мест наиболее благоприятная для работающих.

Значительные газовыделения характерны и для выбивных участков литейных цехов массового и серийного производства. Однако на рабочих местах выбивщиков, как правило, их содержание незначительно превышает ПДК, так как выбивные решетки чаще всего расположены в изолированных помещениях, а рабочие места операторов — в специальных кабинах. И совершенно иная картина наблюдается при выбивке средних и крупных отливок на решетках, установленных на участках.

Существующее положение с загазованностью рабочих мест литейных цехов объясняется несовершенством технологических процессов изготовления отливок в песчаных формах с использованием смесей на органических связующих, недостаточной эффективностью работы систем вытяжной вентиляции, несовершенством технологического оборудования (отсутствие укрытий и встроенных местных отсосов или неэффективностью их работы).

Кроме того анализ результатов проведенных исследований подтвердил наше заключение о локальности источников газовой выделений оборудования или отдельных операций технологических процессов. Поэтому для сведения до минимума выделений вредных веществ в рабочую зону необходимо проектировщикам литейного оборудования оснащать его устройствами по локализации газовой выделений. что было подтверждено и расчетами концентраций газов на рабочем месте заливщика форм на плацу, где не имеется местной вытяжной вентиляции (цех мелкосерийного и единичного производства). На данном рабочем месте в воздух участка выделяется оксид углерода, фенол, метиловый спирт и бензол. Определение значений коэффициента диффузии вышеуказанных газов в воздух показало, что наибольшее значение имеет коэффициент диффузии оксида углерода, по которому и проводили дальнейший расчет. Определение концентраций оксида углерода осуществляли для рабочего места заливщика (расстояние от источника газовой выделений принимали равным 0,8 м) через различное время от начала заливки. Установлено, что концентрация оксида углерода на рабочем месте превысит ПДК на 9 минуте и наблюдается дальнейшее увеличение ее. Используя полученные данные проектировщики могут осуществить расчет систем местной вытяжной вентиляции для создания допустимых значений концентраций вредных веществ на рабочих местах стерженщиков, заливщиков, выбивщиков.

Таким образом на основании представленных данных можно сделать вывод о том, что вредные вещества оказывают влияние на работающих в литейных цехах, степень воздействия которого определяется применяемыми технологическими процессами и оборудованием для приготовления смесей связующими материалами для изготовления стержней и форм, плавки и заливке металла, выбивке форм, уровнем механизации и автоматизации, а также характером производства. Кроме того на стадии проектирования литейных участков и цехов при выборе технологических процессов можно с использованием разработанной методики расчета определить ожидаемые концентрации вредных веществ на рабочих местах.

Литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. — М.: Наука, 1970. — 905 с.
2. Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. — М.—Л.: Химия, 1966. — 535 с.
3. Бонд Дж., Уотсон К., Уэлч Дж. Физическая теория газовой динамики / Пер. с англ. под ред. Г.А. Тирского. — М.: Мир, 1968. — 556 с.

УДК 658.382

Безопасность ноутбуков

Студент гр. 113515 Курицына О.
Научный руководитель – Науменко А.М., Автушко Г.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Несколько лет назад существовало мнение, что портативные компьютеры типа ноутбуков безопасны для пользователей и не нуждаются в таких дополнительных мерах защиты, как приэкранные фильтры. В основе подобных представлений лежит тот факт, что в портативных компьютерах используются экраны на основе жидких кристаллов, которые не генерируют вредных излучений, присущих отдельным мониторам с электронно-лучевой трубкой.

Электростатическое поле и неиспользуемое рентгеновское излучение у жидкокристаллических (далее ЖК) экранов действительно отсутствуют, но что касается электромагнитных излучений, то исследования показали: во многих портативных компьютерах оно значительно превышает допустимые нормы.

Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, электронно-вычислительным машинам и организации работы представлены в СанПиН 9-131 РБ 2000. Поэтому можно оценить соответствие этим нормам и аппаратуры с ЖК-экранами. Ведь эти портативные компьютеры обычно располагаются ближе к пользователю и, следовательно, источники излучения будут с большей вероятностью воздействовать на области жизненно-важных органов человека, тем более, что зачастую пользователи ноутбуков имеют привычку располагать свой компьютер на коленях. Монитор – не единственный источник излучения. Поля могут генерироваться преобразователем напряжения питания (при работе от электросети), схемами управления и формирования информации на дискретных ЖК-экранах и другими элементами аппаратуры.

Для портативных компьютеров с ЖК-экранами свойственны два режима электропитания – от встроенного аккумулятора или от сети. В первом случае, как показали измерения, излучения, естественно, меньше, но они существуют. В режиме электропитания от сети портативный компьютер излучает

электрическую составляющую переменного электромагнитного поля, мало отличающуюся по интенсивности от ПК с дисплеями на ЭЛТ.

Измерения напряженности переменного электрического поля ноутбука фирмы Epson на двух расстояниях от центра клавиатуры 30 см и 50 см показали, что излучения превышают нормы в первом и во втором диапазонах (5 Гц-0,2 кГц и 2-400 кГц).

При питании от аккумулятора у большинства портативных компьютерах напряженность поля в первом диапазоне заметно превышает норму, а во втором превышение отмечено только справа и сзади от экрана.

Не только самому пользователю ноутбука, но и его соседям по самолетным креслам или салону автомобиля есть над чем задуматься. Особую заботу о своем здоровье следует проявить человеку, сидящему впереди справа от пользователя, работающему у компьютера. Именно в этом направлении все исследованные компьютеры излучали наиболее сильно.

УДК 621.395

Безопасность сотовых телефонов: точки угроз

Студент гр. 113525 Кундикова Е.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Оценивать безопасность (или наоборот – опасность) применения сотовых телефонов следует исходить из следующего:

1. Длительное воздействие высокочастотного электромагнитного излучения (ЭМИ) – вредно для здоровья человека. Изготовители и потребители с пониманием и одобрением относятся к защитным экранам и другим мерам, принимаемым для уменьшения воздействия ЭМИ при работе компьютеров и т.д.

2. При определенных условиях, указанных в международных или национальных стандартах, по которым проводится сертификация мобильных телефонов, – воздействие ЭМИ телефона на здоровье пользующихся им людей является безвредным или, по крайней мере не вызывает патологических изменений в состоянии органов или самочувствии человека. Официальная позиция фирм-производителей сотовых телефонов хорошо известна – выпускаемые сотовые телефоны (легально ввозимые) сертифицированы согласно всем существующим в данной стране технологическим и санитарным нормам, а потому – безвредны.

Существуют санитарно-гигиенические нормы, требованиям которых должны соответствовать сотовые телефоны. Основными здесь являются Санитарные правила и нормы СанПин 2.2.4./2.1.8.9-36-2002 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».

В названных нормативах указано: «Оцениваемым параметром для условий непрофессионального воздействия, в то числе для населения, проживающего на территориях, прилегающих к Базовым станциям (излучающим радиосигнал СВЧ-диапазона), являются значения ППЭ (плотность потока энергии эквивалентной плоской волны, выраженной в мкВт/см²) вне зависимости от времени воздействия. Предельно допустимый уровень (ПДУ) ППЭ при этом составляет 10 мкВт/см².

Высокочастотное электромагнитное излучение

Рассмотрим этот важный параметр (плотность потока энергии эквивалентной плоской волны, выраженной в мкВт/см²). Он характеризует степень воздействия ЭМИ сотового телефона в диапазоне 300 МГц-300 ГГц (СанПин 2.2.4./2.1.8.9-36-2002) на организм человека. Понятно, что значения в действующих Гигиенических нормативах и СанПиНе стали результатом неоднократных исследований.

Так, «Допустимые параметры электромагнитных излучений в помещениях жилых и общественных зданий и на селитебных территориях» (МГСН 2.03-97), предельно допустимые значения ППЭ от передающих радиотехнических объектов не должны превышать 3 мкВт/см² в производственных и административных зданиях и 2 мкВт/см² в жилых зданиях (в том же диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц).

В настоящее время имеются только экспериментальные достоверные данные, указывающие, что при облучении центральных структур головного мозга ЭМП с удельной поглощенной дозой от 0,4 Вт/кг или от 40 мкВт/кв.см² и более, возможно возникновение временных реакций, которые можно рассматривать как реакции на раздражитель.

«Санитарными нормами допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях» МСанПиН 001-96 для частот 30 кГц – 300 ГГц установлено максимальное допустимое значение ППЭ высокочастотного излучения для частей тела работника (кроме кистей рук) на производстве, равное 10 мкВт/см².

Вторым важным параметром, характеризующим степень воздействия на организм человека является SAR (Specific Adsorption Rate) – удельная поглощенная мощность, выраженная на единицу массы тела или ткани. В единицах СИ SAR определяется в ваттах на 1 кг (Вт/кг).

Для измерения SAR до настоящего времени не было единой регламентированной процедуры измерений, поэтому данные этого параметра, измеряемые обычно в независимых центрах, могут различаться даже в несколько раз.

Следует так же отметить, что этот параметр так же зависит от частоты, которой проводились измерения (имеется ввиду возможность излучения радиосигнала сотовым телефоном на частоте 900 или 1800 МГц); при этом измеренная величина SAR на частоте 1800 МГц может быть на 100-200 % меньше значения, измеренного на 900 МГц.

Кроме того, относительно выбранных предельных значений SAR (1,6 или 2,0 Вт/кг) есть ряд существенных замечаний.

Во-первых, сравнительно недавно в Великобритании безопасным уровнем SAR считался уровень равный 10 Вт/кг, а принятую в стандарте максимальную величину SAR (1,6 Вт/кг) даже нельзя с уверенностью отнести к «жестким» или к «мягким» нормам.

Во-вторых, принятые и в США и в Европе стандарты определения величины SAR (все нормирование микроволнового излучения от сотовых телефонов) базируются только на термическом эффекте, то есть связанном с нагреванием тканей. Не принимая в расчет, что низкие частоты сотовых аппаратов совпадают с частотами собственной, естественной биоэлектрической активности головного мозга человека, которые регистрируются на электроэнцефалограмме (ЭЭГ). Следовательно, извне (из непосредственной близости) в головной мозг человека переносятся сигналы, которые способны взаимодействовать с собственной биоэлектрической активностью головного мозга (например, путем резонанса) и тем самым, нарушать его функции.

В-третьих, если предельная величина SAR (1,6 или 2,0 Вт/кг) выбрана правильно, то все сотовые телефоны, прошедшие сертификацию, являются безопасными в смысле воздействия ЭИМ на органы человека (именно это и заявляют представители фирм производителей сотовых телефонов).

Ученые из «Lund University» (Малмо, Швеция) показали, что постоянное воздействие электромагнитных полей, создаваемых мобильными телефонами во время разговора, приводит к изменению структуры и функции отделов головного мозга, ответственных на процессы запоминания информации и контроля движений, клеточных изменениях. При этом уровень излучения, воздействию которого подвергались животными, был подобран таким образом, чтобы максимально близко имитировать реальное воздействие сотового телефона на головной мозг человека, а продолжительность воздействия (два часа в сутки) соответствовала времени которое ежедневно затрачивают на разговоры по «мобильникам».

В-четвертых, принято, что электромагнитные излучения от СВЧ-приборов не должны вызывать у человека даже временного нарушения биологических функций. В то же время западные исследователи полагают, что можно повышать уровень излучения до того, пока не начнет возникать патология, пока организм не заболит.

Напрашивается следующий вывод: если предельные значения SAR (1,6 или 2,0 Вт/кг) выбраны как граничные условия появления патологии у человека, то учитывая существенно отличающийся уровень состояния здоровья у разных людей, можно предположить, что кто-то может быть и останется здоров после значительного срока пользования мобильным телефоном, не а для кого-то патология станет необратимой.

УДК 331.451

Важнейшее средство корректировки состояния здоровья работающих во вредных условиях труда

Студент гр. 112136 Гаврилов В.М.
Научный руководитель – Вершеня Е.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Молоко – является важнейшим средством корректировки состояния здоровья работающих во вредных условиях труда.

Бесплатная выдача молока или других равноценных пищевых продуктов работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, предусмотрена ст. 225 Трудового Кодекса Республики Беларусь. В соответствии с этой статьей наниматели независимо от форм собственности и организационно -правовых форм обязаны обеспечить бесплатную выдачу молока или других равноценных пищевых продуктов (далее молока) работникам, которые в процессе своей профессиональной деятельности имеют контакт с вредными веществами и иными вредными производственными факторами.

Почему, именно молоко рекомендовано в качестве целебного продукта, снижающего негативное воздействие на организм различных вредных веществ? Почему не зеленый чай или, скажем красное вино? Этому факту есть объяснение – уникальные полезные свойства молока и молочных продуктов.

Молоко содержит все необходимые для человеческого организма вещества: белки, жиры и углеводы, которые находятся в сбалансированном соотношении и очень легко усваиваются организмом. В этом с молоком не может сравниться ни один другой натуральный продукт. Молочные белки характеризуются высокой усвояемостью, содержат все жизненно необходимые незаменимые аминокислоты

в оптимальных пропорциях. Многие микроэлементы, содержащиеся в молоке, также усваиваются гораздо лучше, чем в других продуктах. Молоко так же является источником витаминов, ферментов, гормонов и иммунных тел, помогающих организму противостоять различным заболеваниям.

Надо отметить, что полезно не только свежее молоко, но и кисломолочные продукты, которые хорошо усваиваются и обладают дополнительными целебными свойствами.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что молоко является незаменимым элементом профилактического питания, повышающим сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам производственной среды. Именно поэтому оно выдается лицам, работающим в контакте с вредными факторами и токсическими веществами, вызывающими нарушение функции печени, белковых и минерального обмена.

Перечень вредных веществ, при работе с которыми в профилактических целях показано употребление молока или равноценных пищевых продуктов, утвержден постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 19.03.2002 г.

Правилами определено, что к работе с вредными веществами относится любая профессиональная деятельность, обуславливающая контакт работниками с данными веществами. В том числе, если контакт с вредными веществами обусловлен при их:

- производстве
- применении
- хранении
- транспортировке
- эксплуатации, ремонте и очистке:
 - технологического оборудования,
 - тары,
 - инвентаря,
 - средств защиты;
- при других производственных процессах, а также при работе с открытыми радионуклидными источниками с активностью на рабочем месте.

При организации выдачи молока необходимо соблюдать следующие условия:

- молоко выдается работнику по 0,5 литра за рабочий день (смену)
- не допускается замена молока денежной компенсацией, товарами и другими продуктами, кроме равноценных (кефир, простокваша и т.д.).

При контакте работника с неорганическими соединениями свинца рекомендуется вместо молока выдавать в таком же количестве один из видов кисломолочных продуктов, получаемых из молока, получаемых сквашиванием молока заквасками (кефир, ацидофилин, простокваша и др.).

Профилактические свойства молочных продуктов не связаны с их жирностью. Поэтому нельзя уменьшать норму выдаваемого молока или заменяющих его продуктов, например не 0,5 л а меньше, но с большим содержанием жирового компонента.

УДК 612.014

Проблемы влияния вибрации на организм человека

Студенты гр.115215 Крякин В.В., Кишко А.А.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Некоторые виды вибрации неблагоприятно воздействуют на нервную и сердечно-сосудистую системы, вестибулярный аппарат. Наиболее вредное влияние на организм человека оказывает вибрация, частота которой совпадает с частотой собственных колебаний отдельных органов.

Организму человека вибрация передается в момент контакта с вибрирующим объектом: при передаче через руки возникает локальная вибрация, а через опорные точки - общая. Локальная вибрация поражает нервно-мышечные ткани и опорно-двигательный аппарат и приводит к спазмам периферических сосудов. При длительных и интенсивных вибрациях в некоторых случаях развивается профессиональная патология (к ней чаще приводит локальная вибрация): периферическая, церебральная или церебрально-периферическая вибрационная болезнь. Местные вибрации вызывают спазмы сосудов, которые развиваются с концевых фаланг пальцев, распространяясь на всю кисть, предплечье, и охватывают сосуды сердца.

Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это все туловище с нижней частью позвоночника и тазом, в другом - верхняя часть туловища в сочетании с верхней частью позвоночника, наклоненной вперед.

В производственных условиях ручные машины, вибрация которых имеет максимальные уровни энергии (максимальный уровень вибростороности) в полосах низких частот (до 36 Гц), вызывают вибрационную

патологию с преимущественным поражением нервно-мышечной ткани и опорно-двигательного аппарата. При работе с ручными машинами, вибрация которых имеет максимальный уровень энергии в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают главным образом сосудистые расстройства. Общая вибрация разных параметром вызывает различную степень выраженности изменений нервно и системы (центральной и вегетативной), сердечнососудистой системы и вестибулярного аппарата.

В зависимости от параметров (частота, амплитуда) вибрация может как положительно, так и отрицательно влиять на отдельные ткани и организм в целом. Вибрацию используют при лечении некоторых заболеваний, но чаще всего вибрацию (производственную) считают вредно влияющим фактором.

Производственная вибрация, характеризующаяся значительной амплитудой и продолжительностью действия, вызывает у работающих раздражительность, бессонницу, головную боль, ноющие боли в руках людей, имеющих дело с вибрирующим инструментом. При воздействии общей вибрации более выражены изменения со стороны центральной нервной системы.

Основные параметры вибрации: частота и амплитуда колебаний. Колебательное движение характеризуется также скоростью и ускорением, представляющими собой производные от амплитуды и частоты. Причем органы чувств человека воспринимают не мгновенное значение параметров вибрации, а действующее.

Для защиты от вибрации применяют следующие методы: снижение виброактивности машин; отстройка от резонансных частот; вибродемпфирование; виброизоляция; виброгашение, а также индивидуальные средства защиты.

Снижение виброактивности машин (уменьшение F_m) достигается изменением технологического процесса, применением машин с такими кинематическими схемами, при которых динамические процессы, вызываемые ударами, ускорениями и т. п. были бы исключены или предельно снижены.

Отстройка от резонансных частот заключается в изменении режимов работы машины и соответственно частоты возмущающей вибросилы; собственной частоты колебаний машины путем изменения жесткости системы с например установкой ребер жесткости или изменения массы системы.

Вибродемпфирование - это метод снижения вибрации путем усиления в конструкции процессов трения, рассеивающих колебательную энергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту при деформациях, возникающих в материалах, из которых изготовлена конструкция.

Виброгашение (увеличение массы системы) осуществляют путем установки агрегатов на массивный фундамент.

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от источника к защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. Для виброизоляции чаще всего применяют виброизолирующие опоры типа упругих прокладок, пружин или их сочетания.

От неудовлетворительного состояния дел с безопасностью жизнедеятельности страна ежегодно несет большие человеческие, финансово-экономические, материальные и моральные потери. Обеспечение безопасности производства и охраны труда работников - одна из самых главных проблем национальной безопасности страны.

УДК 628.517

Применение СИЗ органа слуха

Студентка гр. 106225 Воронцова О.

Научный руководитель – Вершения Е.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

Многочисленными исследованиями установлено, что длительное воздействие шума на человека сказывается на его здоровье. Причем страдает не только слух. Слуховой аппарат человека является всего лишь «воротами», через которые шум проникает в организм и воздействует на центральную нервную систему.

В повседневной жизни и на производстве человек «привыкает» к шуму. Ему кажется, что шум не мешает, однако это впечатление обманчиво. Вредное воздействие на организм оказывается независимо от того, обращает на это человек внимание или нет. Причем это зависит порой не от уровня и длительности воздействия шума, а в большей степени от состояния человека в данный промежуток времени. Шум снижает не только работоспособность человека, производительность и качество его труда, но и его безопасность выполняемых работ.

Средства защиты работающих подразделяются на средства коллективной и индивидуальной защиты. Конечно, более «правильно» бороться с шумом, воздействуя на источник его образования или предотвращения его распространения. Наиболее перспективным направлением снижения шума является создание малошумных машин, оборудования и средств транспорта. Поэтому технически обоснованное ограничение шумовых характеристик машин непосредственно как источников шума имеет первостепенное значение, поскольку позволяет прогнозировать уровни шума на рабочих местах.

Снижение шума на пути его распространения: организационные методы, звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, дистанционное управление из звукоизолирующих кабин.

Эти способы достаточно сложные, и не всегда приносят ожидаемый результат. Причем очень часто технические и архитектурно-строительные методы снижения шума требуют значительных материальных затрат. Поэтому в большинстве случаев надежно защитить человека в условиях производства возможно только с помощью средств индивидуальной защиты органа слуха, или противошумов.

СИЗ должны обеспечивать не только надежную защиту, но и достаточно комфортные и безопасные условия их применения.

В настоящее время имеется достаточно большой ассортимент противошумов: наушники, вкладыши, наушники с креплением на защитных касках, шлемах.

Разработаны государственные стандарты Республики Беларусь: СТБ ГОСТ Р 12.4.208-2006 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Наушники. Общие технические требования. Методы испытаний» и СТБ ГОСТ Р 12.4.209-2006 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Вкладыши. Общие технические требования. Методы испытаний».

В этих документах заложены четкие требования к маркировке и руководству по эксплуатации. В соответствии с ними производитель СИЗ органа слуха должен обеспечить потребителя достаточно полной и разносторонней информацией об изделии, воспользовавшись которой, можно подобрать СИЗ, наиболее отвечающие специфике конкретного производства.

Прежде чем заказывать те или иные СИЗ, служба охраны труда должна ознакомить работников с предлагаемым ассортиментом противошумов и получить от них предварительное согласие. В этом случае есть определенные гарантии, что СИЗ будут дисциплинированно применяться и, следовательно, эффект от их использования будет максимальным.

Противошумы следует применять исходя из частоты спектра шума на рабочем месте, требований норм по ограничению шума, удобства их использования при данной рабочей операции, климатических условий, а также индивидуальной переносимости каждым работающим.

Лицам, длительное время работающим в условиях шума, необходимо привыкать к противошумам постепенно, в течение одного – двух месяцев, что позволит организму перестроиться без возможных неприятных ощущений.

Если применение СИЗ в течение всей рабочей смены невозможно, то рекомендуется использовать их периодически. Это позволяет частично восстанавливать чувствительность органа слуха и значительно снизить его утомление.

Каждый противошум должен иметь сертификат качества.

УДК 613.644

Измерение шума

Студент гр. 113535 Турло С.В.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Приборы для измерения уровня шума включают измерители уровня шума, шумовые дозиметры и вспомогательное оборудование. Основным при этом является измеритель уровня шума – электронный прибор, состоящий из микрофона, усилителя, различных фильтров, спрямителя, экспоненциального усреднителя и индикатора уровня шума в децибелах. Измерители уровня шума делятся на категории в зависимости от точности показаний от наиболее (тип 0) до наименее (тип 3) точных. Измерители типа 0 обычно используются в лаборатории, тип 1 – для других требующих точности измерений уровня шума, тип 2 является многоцелевым прибором общего назначения, а тип 3 – измеритель для обзорных исследований – не рекомендован для промышленного использования.

Измерители уровня шума оснащены также встроенными устройствами для определения частоты, представляющими собой фильтры, которые, пропуская большинство частот, задерживают при этом некоторые другие. Чаще всего в качестве фильтра используется А-нагрузочная сетка, моделирующая кривую реакции человеческого уха при умеренных уровнях шумового воздействия. Измерители уровня шума обладают различной чувствительностью: замедленной (с константой в 1 секунду), быстрой (с константой в 0,125 секунды) или импульсной (с 35-миллисекундной реакцией на участке нарастания сигнала и 1500-миллисекундной константой на участке затухания сигнала).

Для проведения более точного акустического анализа к современным измерителям уровня шума могут быть присоединены или встроены в них наборы фильтров полнооктавного диапазона или 1/3-октавного диапазона. В настоящее время измерители уровня шума становятся все более и более миниатюрными и удобными в использовании при постоянно расширении их возможностей.

Наиболее удобным для измерения неустойчивых (периодических или импульсных) шумовых воздействий является интегрирующий измеритель уровня шума. Этот прибор может одновременно фиксировать эквивалентные, пиковые и максимальные звуковые уровни, а также автоматически вычислять, регистрировать и хранить несколько величин. Измеритель «дозы» шума или дозиметр представляет собой интегрирующий измеритель уровня шума, который можно поместить в карман или прикрепить к одежде рабочего. Данные, полученные с помощью шумового дозиметра, могут быть заведены в компьютер, а затем распечатаны.

Важно следить за тем, чтобы приборы, измеряющие уровень шума, были постоянно должным образом откалиброваны. Это достигается ежедневной акустической проверкой калибровки приборов до и после их использования, а также с помощью электронной проверки, проводимой через установленные промежутки времени.

Выбор того или иного метода измерения уровня шума зависит от следующих целей измерения:

1. определить вероятность повреждения слухового аппарата
2. определить потребность в использовании технических средств борьбы с шумом и подобрать нужный их тип
3. определить «шумовую нагрузку» совместимую с характером выполняемых работ
4. определить фоновый уровень, необходимый для обеспечения общения и техники безопасности.

Международный стандарт ISO 2204 предусматривает три различных метода измерения уровня шума: обзорный, технический, прецизионный.

Обзорный метод требует наименьших затрат и оборудования. Уровни шума в рабочей зоне определяются с помощью измерителя уровня шума с использованием ограниченного количества точек измерения. Хотя детальный акустический анализ при этом не производится, учету подлежат временные параметры, такие как постоянный или периодический характер и продолжительность шумового воздействия на работников. Обычно обзорный метод предполагает использование А-нагрузочной сети. Но в условиях преобладания низкочастотного компонента более подходящими могут оказаться С-нагрузочная сеть или линейная характеристика.

При использовании технического метода к измерениям уровня шума с А-нагрузочной сетью или с сетями других видов нагрузки добавляются измерения, произведенные с помощью полнооктавных или 1/3-октавных фильтров. Количество точек измерения и диапазоны частот выбираются в соответствии с целями измерения. Временные параметры также подлежат здесь учету. Этот метод используется для оценки помех по отношению к речевому общению путем вычисления уровня указанных помех (SIL), а также для разработки программ по снижению уровня шума и для оценки слуховых и неслуховых воздействий шума.

Использование прецизионного метода требуется в сложных ситуациях, где необходимо наиболее полное изучение проблемы, возникшей из-за наличия шума. Полномасштабные измерения уровня звука дополняются полнооктавными или 1/3-октавными измерениями, фиксируются результаты наблюдений за определенными промежутками времени в соответствии с продолжительностью и колебаниями уровня звука. Например, может возникнуть необходимость в измерении пиковых звуковых уровней импульсов с использованием режима «удержания пикового значения» или измерить уровни инфразвука или ультразвука, для чего потребуются особые возможности в плане измерения частот, направленности микрофона и т.д.

Тем, кто использует прецизионный метод, следует удостовериться в том, что динамический диапазон прибора достаточно велик, чтобы не допустить зашкаливания при замере импульсов, и что частотная характеристика позволяет производить инфра- и ультразвуковые измерения. Прибор должен обладать способностью к измерению низких (до 2 Гц) частот для инфразвуковой части спектра и высоких (до 16 кГц) частот для ультразвуковой части спектра, а также достаточно малыми микрофонами.

УДК 613.644

Измерение и анализ вибрации

Студентка гр.113535 Ямная Д.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Вибрация (от лат. *Vibratio* — колебание, дрожание), механические колебания. В технике (машинах, механизмах, сооружениях, конструкциях и т.д.) бывает полезная и вредная вибрация. Полезная вибрация возбуждается преднамеренно вибраторами, используется в строительных, дорожных и др. машинах и для выполнения различных технологических операций.

Различают возбуждение вибрации динамическое, или силовое, когда внешние колеблющиеся силы или моменты сил, не зависящие от состояния вибрируемой системы, приложены к одному или нескольким инерционным элементам этой системы; кинематическое, когда одной или нескольким точкам вибрируемой системы извне сообщаются колебания, не зависящие от её состояния; параметрическое, когда вибрация системы возбуждается не зависящими от её состояния изменениями значения одного или нескольких

параметров (например, коэффициент жёсткости, момента инерции, коэффициент сопротивления); самовозбуждение колебаний, или автоколебания, когда вибрацию поддерживают за счёт поглощения порции энергии от постоянного источника. В большинстве вибрационных устройств использованы первые два принципа возбуждения вибрации. Вредная вибрация может возбуждаться каждым из перечисленных способов.

Имеет место и смешанное возбуждение вибрации, например, совмещение кинематически вынужденных колебаний с автоколебаниями. Вредная вибрация, возникающая при движении транспортных средств, работе двигателей, турбин и др. машин, иногда приводит к нарушению режима работы и даже разрушению устройств. Для подавления вредной вибрации и снижения её действия применяют различные меры защиты.

Измерение вибрации производится для того, чтобы создать данные, которые являются необходимыми для того, чтобы сделать значимый и существенный вывод о системе, подвергнутой проверке. Упомянутые данные могут быть очень полезными как в сокращении, так и в полном устранении вибрации. Среди устройств, используемых в типичной системе измерения вибрации, – датчики-преобразователи, преусилители и приборы для обработки и показания данных.

Датчики-преобразователи, как правило, используются в измерении вибрации и исследованиях, так как они отвечают за то, чтобы преобразовать механическую энергию в электрическую. Они делают это, производя электрический сигнал, который является ролью механической вибрации. Скоростные датчики и акселерометры, установленные или связанные с вибрирующей структурой, считаются преобразователями. Скоростные датчики производят исходный электрический сигнал, который является пропорциональным скорости вибрирующего устройства. Так как скорость вибрирующего механизма является естественно циклической, чувствительность скоростных датчиков выражена в рамках мВ/см/с (милливольт на сантиметр в секунду). Это, таким образом, величина напряжения, созданного в режиме оптимальной скорости. Естественные частоты оборудования очень низки, и они настроены, чтобы вычислять частоты вибрации, которые являются большими, чем естественная частота датчиков. Данные скоростные датчики считаются полезными преобразователями, так как они чувствительны, но достаточно сильны, чтобы сопротивляться напряжению крепкой производственной атмосферы.

Акселерометр - устройство, которое производит исходный сигнал. Уровень этого электрического сигнала пропорционален ускорению вибрирующего механизма. Акселерометры обладают хорошими качествами чувствительности и широким, полезным частотным диапазоном. Несмотря на маленький размер и легкий вес, акселерометры способны к вычислению вибрации в определенной точке без общей загрузки вибрирующего аппарата. Кроме того, акселерометры могут легко работать с объединенными электронными сетями, чтобы достигнуть напряжения, которое является пропорциональным смещению или скорости.

Следующий аппарат, который является полезным в измерении вибрации – преусилитель. Состоящее из одной или более платформ, это оборудование имеет две очень существенных функции. Одна его цель состоит в том, чтобы усилить сигнал датчика вибрации, который является вообще слабым, а другая состоит в том, чтобы служить инструментом изоляции или трансформатором полного сопротивления между процессами и показателем датчика вибрации.

Оборудование, предназначенное для того, чтобы обрабатывать и показывать данные вибрации, - это обычно спектральный анализатор. Упомянутый анализатор может быть простым устройством, которое обеспечивает среднеквадратический эквивалент смещения вибрации, или он может быть устройством, которое по существу дает мгновенный анализ целого частотного диапазона вибрации. Эти анализаторы - возможно, самые важные устройства в измерении вибрации. Обычно они являются или постоянной полосой пропускания процента или видом постоянной полосы пропускания инструмента. Они обычно имеют графический показ, чтобы дать всестороннюю информацию о частоте.

УДК 628.517.2

Влияние шума на здоровье человека

Курсанты гр. 115115 Климчук Е.Е., Федоринов И.

Научный руководитель – Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме влияния шума на здоровье человека. Звуком называют такие механические колебания внешней среды, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека (от 16 до 20000 колебаний в секунду). Колебания большей частоты называют ультразвуком, меньшей - инфразвуком. Шум - громкие звуки, слившиеся в нестройное звучание.

Шум измеряется в единицах, выражающих уровень звукового давления, - децибелах. Это давление воспринимается не беспрельдно. Уровень шума в 20-30 децибелов (дБ) практически безвреден для человека, это естественный шумовой фон. Что же касается громких звуков, то здесь допустимая граница составляет примерно 80 децибелов. Звук в 130 децибелов уже вызывает у человека болевое ощущение, а 150 становится для него непереносимым.

Для всех живых организмов, в том числе и человека, звук является одним из воздействий окружающей среды.

В природе громкие звуки редки, шум относительно слаб и непродолжителен. Сочетание звуковых раздражителей дает время животным и человеку, необходимое для оценки их характера и формирования ответной реакции. Звуки и шумы большой мощности поражают слуховой аппарат, нервные центры, могут вызвать болевые ощущения и шок. Так действует шумовое загрязнение.

Очень высок уровень промышленных шумов. На многих работах и шумных производствах он достигает 90-100 децибелов и более. Не намного тише и у нас дома, где появляются все новые источники шума - так называемая бытовая техника.

Тихий шелест листвы, журчание ручья, птичьи голоса, легкий плеск воды и шум прибоя всегда приятны человеку. Они успокаивают его, снимают стрессы. Это используется в лечебных заведениях, в кабинетах психологической разгрузки. Но естественные звучания голосов природы становятся все более редкими, исчезают совсем или заглушаются промышленными, транспортными и другими шумами.

Длительный шум неблагоприятно влияет на орган слуха, понижая чувствительность к звуку. Он приводит к расстройству деятельности сердца, печени, к истощению и перенапряжению нервных клеток. Ослабленные клетки нервной системы не могут достаточно четко координировать работу различных систем организма. Отсюда возникают нарушения их деятельности.

Долгое время влияние шума на организм человека специально не изучалось, хотя уже в древности знали о его вреде.

В настоящее время ученые во многих странах мира ведут различные исследования с целью выяснения влияния шума на здоровье человека. Их исследования показали, что шум наносит ощутимый вред здоровью человека, но и абсолютная тишина пугает и угнетает его. Также ученые установили, что звуки определенной силы стимулируют процесс мышления, в особенности процесс счета.

Каждый человек воспринимает шум по-разному. Многое зависит от возраста, темперамента, состояния здоровья, окружающих условий.

Некоторые люди теряют слух даже после короткого воздействия шума сравнительно небольшой интенсивности.

Постоянное воздействие сильного шума может не только отрицательно повлиять на слух, но и вызывать другие вредные последствия - звон в ушах, головокружение, головную боль, повышение усталости.

Шум обладает аккумулятивным эффектом, то есть акустические раздражения, накапливаясь в организме, все сильнее угнетают нервную систему. Поэтому перед потерей слуха от воздействия шумов возникает функциональное расстройство центральной нервной системы. Особенно вредное влияние оказывает шум на нервно-психологическую деятельность организма.

Процент нервно-психологических заболеваний выше среди лиц, работающих в шумных условиях, нежели у лиц, работающих в нормальных звуковых условиях.

Шумы вызывают функциональные расстройства сердечно-сосудистой системы; оказывают вредное влияние на зрительный и вестибулярный анализаторы, снижают рефлекторную деятельность, что часто становится причиной несчастных случаев и травм.

Как показали исследования, неслышимые звуки также могут оказать вредное воздействие на здоровье человека. Так, инфразвуки особое влияние оказывают на психическую сферу человека: поражаются все виды интеллектуальной деятельности, ухудшается настроение, иногда появляется ощущение растерянности, тревоги, испуга, страха, и при высокой интенсивности - чувство слабости, как после сильного нервного потрясения.

Ультразвуки, занимающие заметное место в гамме производственных шумов, также опасны. Механизмы их действия на живые организмы крайне многообразны. Особенно сильно их отрицательному воздействию подвержены клетки нервной системы.

Шум коварен, его вредное воздействие на организм совершается незримо, незаметно. Нарушения в организме обнаруживаются не сразу. К тому же организм человека против шума практически беззащитен.

В настоящее время врачи говорят о шумовой болезни, развивающейся в результате воздействия шума с преимущественным поражением слуха и нервной системы.

Студент гр. 112127 Малашко А.М.
Научный руководитель – Журавков Н.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Последнее десятилетие ознаменовалось рядом научных открытий в области воздействия спектрального состава оптического излучения на зрительные и эмоциональные функции человеческого организма.

Основными задачами охраны гигиены освещения, как фактора безопасности труда являются: охрана зрения, предупреждение или уменьшение зрительного и общего утомления, охрана здоровья.

С этих позиций при разработке новых осветительных устройств должна быть обеспечена не только их эффективность, но и безопасность.

Исследованиями установлено [1] существование третьего вида фоторецепторов - меланопсина – молекулярного образования, находящегося в ганглиозных клетках сетчатки (ГКС), которые ответственны за суточные (циркадные) ритмы чувствительности к свету. Они не создают изображение, так как имеют обширную ветвистую структуру и сравнительно большой радиус, но являются оптимальными для пространственного широкого захватывания света из окружающей среды. Наибольшую чувствительность ГКС имеют в диапазоне 445 – 447 нм (голубая часть спектра). Новый рецептор представляет собой «недостающее звено» в описании механизма биологических воздействий света, управляемого циклической сменой света и темноты.

Таким образом, в настоящее время известны три фоторецепторные системы в зрительном анализаторе человека: две, ответственные за зрительное восприятие изображений – палочки и колбочки, и третья – меланопсинсодержащие клетки сетчатки, регулирующие нейрорегуляторные функции организма, приспособленного к 24-х часовому ритму с активными фазами в течение дня и отдыхом ночью. Ночью, в темноте, шишковидная железа производит гормон мелатонин, который управляет усталостью человека и его потребностью во сне [2].

С изобретением искусственного освещения в ряде случаев произошло нарушение естественного (циркадного) ритма дня и ночи, приведшего к негативным последствиям для здоровья. Лишение организма мелатонина в течение длительного периода может оказаться опасным. Установлено, что световое облучение в ночное время снижает секрецию мелатонина и в высшей степени повышает риск онкологических заболеваний, т.е. наряду во всевозможными фототоксическими эффектами ночное световое освещение, возможно, канцерогенно.

Большинство несчастных случаев, вызванных человеческой ошибкой вследствие нарушения циркадных ритмов, происходит между тремя и пятью часами утра, объясняемой самой низкой работоспособностью в это время суток.

Зрительная работоспособность определяется как скорость и точность выполнения любой зрительной задачи, связанной например с ритмом вождения технических средств. Для количественной оценки работоспособности использовались составляющие: визуальная (способность видеть заданную мишень), познавательная (замечание присутствия чего-то) и моторная (реакция рук на быстрое появление мишени), из которых наиболее подходящей оказалась последняя, характеризующая время реакции.

Кроме того, использовались пороговый контраст, быстрота обнаружения, время поиска и острота зрения.

Система освещения (использование значимых его изменений), создающая эффект биологического возбуждения, может воздействовать как область профилактической медицины для сохранения здоровья людей и восприятия окружающего мира.

Литература

1. Измерения циркадных характеристик излучения на рабочих местах аппаратурой с пространственным разрешением. К. Биске, К. Ванда. Технический университет, Ильменау. Светотехника, 2006, № 2, с. 39 – 42.
2. Stevens R.G. (2005) Circadian Disruption and Breast Cancer: from melatonin to clock genes. *Epidemiology*, 16 254 – 258.

Студент гр. 101724 Науменко А.А.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

С каждым годом идет наращивание использования электромагнитной энергии, увеличивается число искусственных источников электромагнитных излучений, а также число лиц, подвергающихся их воздействию. В настоящее время мобильная связь является реальным источником воздействия электромагнитного излучения на население. Сотовая связь обеспечивается радиопередающими базовыми станциями в виде приемно-передающих антенн и мобильными радиотелефонами пользователей-абонентов.

В мире идут дискуссии о вредном воздействии базовых станций сотовой связи на здоровье человека и окружающую среду в целом.

Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах, возникающих в различных органах и системах организма, не выходя за рамки нормального функционирования и отражают неспецифический защитный ответ на воздействие.

Республиканским научно-практическим центром гигиены были проведены комплексные исследования особенностей распространения электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи в помещениях зданий, а также проведены исследования электромагнитного излучения от носимых сотовых радиотелефонов.

Полученные результаты свидетельствуют, что в исследованных помещениях зданий максимальные уровни плотности потока энергии электромагнитного поля от базовых станций сотовой связи в диапазоне частот сотовой мобильной связи 450, 900, 1800 МГц не превышали действующего предельно допустимого уровня 10 мкВт/см^2 , и только в отдельных помещениях максимальные зарегистрированные уровни плотности потока энергии достигали значений $3,32 - 4,48 \text{ мкВт/см}^2$.

При изучении сотовых телефонов было установлено, что максимальные уровни плотности потока энергии, создаваемые ими в ходе эксплуатации, находятся в пределах $25 - 95 \text{ мкВт/см}^2$ при допустимом уровне 100 мкВт/см^2 . В результате исследования не было выявлено значительных отличий интенсивности электромагнитного излучения от сотовых телефонов различных фирм производителей.

Биологический эффект действия электромагнитного поля формируется в зависимости от:

- технических характеристик телефона (значений сочетания частоты и мощности, типа модуляции ЭМП);

- режима и длительности воздействия (частоты и продолжительности телефонных разговоров);

- исходного состояния объекта воздействия (возраст, пол, состояние здоровья, индивидуальная чувствительность и т.д.);

- распределения энергии в биологических тканях (вид ткани, глубина проникновения и т.д.).

На данный момент времени отсутствуют достоверные подтверждения тому, что воздействие сигнала от базовых станций или длительное использование мобильного телефона вызывают какие-либо изменения в состоянии здоровья людей. Современное состояние научных знаний о проблеме не позволяет прогнозировать все последствия действия электромагнитного поля, создаваемого элементами сотовой связи. Многие аспекты проблемы пока еще не освещены и требуют дополнительных исследований. В этой ситуации согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения можно порекомендовать пользователям сотовой связи придерживаться предупредительной политики:

- ограничить время каждого разговора до 3- 4 минут;

- не допускать использования сотового телефона детьми;

- ограничить использование мобильного телефона в период беременности;

- выбирать телефон с меньшей мощностью излучения;

- избегать разговоров по мобильному телефону, находясь в автомобиле, в железобетонных конструкциях, являющихся хорошим экраном для электромагнитного излучения, вследствие чего телефону «приходится» работать на максимальной мощности, чтобы обеспечить постоянство качественной связи;

- не носить телефон в нагрудных карманах и карманах брюк и др.

Студентка гр.104327 Бэйнер М.В.
Научный руководитель – Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В соответствии со статьями 28,29 закона Республики Беларусь ”Об охране труда ”, который вышел в 2008 году, производственное оборудование и процессы должны соответствовать требованиям по охране труда. Формовочное оборудование и материалы в случае несоблюдения требований по охране труда представляют опасность для жизни рабочих литейных цехов, неправильная их эксплуатация может привести к профессиональным заболеваниям, таким как пневмокониозы, виброболезни, глухота и т.д. Условия труда формовщиков литейных цехов являются вредными и тяжелыми. Они работают по спискам №1 или №2, которые дают право на пенсию по возрасту с особыми условиями труда.

В работе изучены опасные и вредные производственные факторы при разных видах формовки и основные законодательные акты по мерам безопасности при изготовлении форм и стержней. Опасные и вредные производственные факторы при изготовлении форм и стержней классифицированы в соответствии с ГОСТ 12-0.003. Основными из них являются физические опасные и вредные производственные факторы: подвижные части производственного оборудования, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Кроме этих факторов при изготовлении литейных форм и стержней на работающих действуют психофизиологические опасные и вредные факторы: физические перегрузки, монотонность труда. Количество вредных и опасных производственных факторов зависит от метода формовки. В течение длительного периода традиционными способами изготовления литейных форм являлись вибрационные и встряхивающие методы. Формовочное оборудование, используемое для реализации этих методов, отличается высоким шумовым эффектом (особенно встряхивающая формовка). В связи с этим в последние годы все более широкое применение в литейных цехах находит метод формовки воздушным потоком с последующим прессованием (Сейатсу-процесс), который практически лишен вышеперечисленных недостатков, что делает этот способ наиболее перспективным с точки зрения как получения высококачественных отливок, снижения расхода энергоносителей, так и улучшения условий труда в литейном цехе.

Основной нормативный правовой акт, устанавливающий требования к формовочному оборудованию, материалам и процессу изготовления форм и стержней является ”Правила технической безопасности и охраны труда в литейном производстве”, утвержденный МЧС и Минпром в 2005 г. Основными требованиями безопасности этого правового акта являются: конструкция встряхивающих машин должна предусматривать устройства для снижения уровня шума при соударении рабочих поверхностей; зона действия кантующих механизмов должна быть ограждена или окрашена в предупредительный цвет. При изготовлении формовочных и стержневых смесей независимо от видов формовки используются материалы, которые должны иметь сертификаты соответствия с указаниями токсичной характеристики. Требования безопасности при изготовлении форм и стержней установлены также в ”Правилах безопасности и охраны труда металлургических производств”, утв. пост. Минпром. РБ в 2007 году. Они направлены на обеспечение безопасности технологического оборудования при эксплуатации, осмотре, ремонте. Эти правила устанавливают порядок организации работ повышенной опасности и обучения работающих, требования к контрольно- измерительным приборам, техническим устройствам. В Правилах установлены требования к аспирационным системам, что важно для формовочных и стержневых отделений литейных цехов и связано с удалением пылегазовоздушных выделений. Для защиты от действия опасных и вредных производственных факторов большое значение имеет соблюдение требований нормативных правовых актов, совершенствование технологических процессов формовки, конструкций оборудования, комплексная механизация и автоматизация процессов, дистанционное управление, применение средств индивидуальной защиты работающих.

Студентка гр.105426 Гайдо Ю.С.
Научный руководитель – Мордик Е.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В соответствии со ст.32, 42 Конституции Республики Беларусь мужчина и женщина имеют равные права и свободы и равные возможности для их реализации.

«...Женщинам обеспечивается предоставление равных с мужчинами возможностей в получении образования и профессиональной подготовке, в труде и продвижении по службе (работе), в общественно-политической, культурной и других сферах деятельности, а также создание условий для охраны их труда и здоровья...» ст. 32 Конституции Республики Беларусь.

«...Женщины и мужчины, взрослые и несовершеннолетние имеют право на равное вознаграждение за труд равной ценности» ст. 42 Конституции Республики Беларусь.

Однако физиологические особенности женщины, ее детородная функция не могут не наложить отпечаток на объем ее прав в процессе осуществления трудовой деятельности.

Ограничения при выполнении тяжелых работ, подъеме тяжестей предоставляемые перерывов для кормления грудного ребенка дополнительный отпуск по уходу за ним и другие льготы предоставляемые нашим трудовым и социальным законодательством, направлены на то, чтобы действительно обеспечивать мужчине и женщине равные возможности в обществе.

Все эти нормы можно классифицировать на две группы:

- распространяющиеся на всех женщин;
- распространяющиеся на беременных женщин и матерей, имеющих малолетних детей.

К первой группе относятся нормы, запрещающие применение труда женщин на тяжелых и подземных работах, на работах с вредными условиями труда согласно специальному перечню.

На подземных работах в горнодобывающей промышленности и строительстве подземных сооружений женщины могут выполнять только нефизическую работу и работу по санитарному и бытовому обслуживанию.

Установлены предельные нормы переноски и передвижения тяжестей для женщин. В случае подъема и перемещения тяжестей при чередовании с другой работой (до 2 раз в час) – 10 кг.

Если подъем и перемещение тяжестей осуществляется постоянно в течение рабочей смены – 7 кг. В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается и вес тары и упаковки.

На промышленных предприятиях, широко применяющих женский труд, должны быть созданы условия для санитарно-бытового обслуживания женщин (комнаты личной гигиены, душевые и т.д.)

Труд женщин ограничен в ночное время. Только в тех отраслях, где вызывается особой необходимостью, он может быть разрешен в качестве временной меры.

Студент гр. 113515 Власюк О.А.
Научный руководитель – Науменко А.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны установлены СанПиН № 11-19-94 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ». Основными источниками вредных веществ, твердых частиц и микрочастиц, поступающих в воздух рабочих мест, оснащенных современной оргтехникой, согласно последним исследованиям, являются лазерные принтеры. Данный вид оргтехники может наносить не меньший вред здоровью человека, чем курение — к такому выводу пришли австралийские ученые из Квинслендского технологического университета. Результаты этих исследований были опубликованы в начале августа в научном журнале Environmental Science and Technology Американского химического общества.

В ходе проверки эффективности системы вентиляции офисного здания были проведены исследования проб воздуха. При этом выяснилось, что в помещениях, где запрещено курение, уровень содержания твердых частиц в пять раз превышает уровень твердых частиц в пробах, взятых около близлежащей автомобильной трассы. Было принято решение выяснить, что же служит источником столь

сильного загрязнения воздуха, и первое же подозрение пало на лазерные принтеры, в которых при печати используется чрезвычайно мелкий порошок-тонер.

Интенсивность выброса зависит как от модели, так и от возраста принтера и картриджа. Больше всего частиц выделяют принтеры с недавно установленным картриджем, а также при печати графики и фотографий, поскольку в этих случаях расходуется гораздо больше тонера, чем при печати текстовых документов.

Нужно подчеркнуть, что при оценке результатов в данном случае не принимались во внимание ни модель принтера, ни его износ, ни тип картриджа.

Изучив результаты тестов, учёные пришли к выводу, что принтеры могут наносить не меньший вред лёгким, чем курение. В одном случае нахождение рядом с работающим принтером можно было приравнять к нахождению в обществе курящего человека. Выделяемые принтерами микрочастицы примерно в тысячу раз меньше частиц обычной пыли и по размеру сходны с частицами дыма сигарет. Они могут проникать глубоко в лёгкие и даже в кровь и в течение длительного времени наносить здоровью серьёзный ущерб, сравнимый с негативными последствиями от вдыхания табачного дыма. Вред от вдыхания микрочастиц тонера зависит от состава этих частиц, и может выражаться как в простом раздражении дыхательных путей, так и в поражении сердечно-сосудистой системы и даже раке.

Авторы исследования утверждают, что существует реальная необходимость законодательного регулирования уровня выделений микрочастиц у печатающих устройств, как это делается в случае с автомобилями, заводами и электростанциями. Пока же решением проблемы может быть лишь усиленная вентиляция в помещениях, где используются лазерные принтеры.

В научной литературе чрезвычайно мало исследований современных принтеров. В 1997 году Агентство по защите окружающей среды США (US EPA) проводило исследования принтеров и фотокопировальных устройств, однако с тех пор печатающие устройства изменились настолько, что результаты этих исследований представляют, скорее, чисто исторический интерес. Существенные изменения претерпела как конструкция принтеров, так и используемые при печати материалы и вещества. В планах австралийских учёных - расширенные тесты, среди которых проверка нескольких принтеров одной и той же модели, а также изучение химического состава выделяемых ими микрочастиц.

УДК 658.345

Оценка показателей травматизма на производстве

Студент гр. 104215 Анушко Т.Ю.
Научный руководитель – Киселева Т.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Прогнозирование производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является стратегическим ориентиром для разработки конкретных мероприятий по снижению их уровня. Обоснованный прогноз позволит выявить скрытые закономерности и обеспечить успешную профилактику производственного травматизма и заболеваемости. Особенно это касается ситуаций, когда отсутствует возможность экспериментальной проверки безопасности новых конструкций и технологий. Серьёзной предпосылкой для качественного анализа и прогнозирования проблемы является выделение доминирующих факторов, существенно влияющих на исследуемый показатель.

Показатели производственного травматизма могут выражаться в абсолютном и относительном виде. Абсолютные отражают количество несчастных случаев, произошедших в организации, в отрасли, по министерствам и ведомствам за определенный период времени. Относительные показатели используются для сравнения уровня производственного травматизма для различных периодов времени организаций, отраслей и т.д. В основу расчета показателей травматизма положены статистические данные, к которым относятся акты о несчастных случаях Н-1 и НП.

Основными показателями производственного травматизма являются: коэффициент частоты ($K_{\text{ч}}$) – показывает количество несчастных случаев, происходящих на 1000 работающих; коэффициент частоты, травматизма со смертельным исходом ($K_{\text{чсм}}$) – показывает количество травмоопасных со смертельным исходом на 10000 работающих; коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$) – показывает среднее число дней нетрудоспособности, приходящиеся на один несчастный случай. Показатели $K_{\text{чсм}}$ и $K_{\text{ч}}$ характеризуют реактивный стиль управления, однако для профилактики производственного травматизма и улучшения условий труда следует использовать проактивный, опережающий стиль управления, основанный на прогнозной оценке возможности травмирования работников. Для этого необходимо учесть многочисленные производственные факторы, характеризующие уровни риска гибели и травмирования работников. Установлено, что производственному травматизму способствуют: низкий уровень профессиональной подготовки персонала, невнимательные, неправильные (ошибочные) действия при выполнении работ; безответственное отношение к безопасным приемам труда; низкая квалификация руководителей и специалистов по вопросам охраны труда; текучесть кадров; совмещение обязанностей и должностей

руководителей и специалистов; отсутствие средств наглядной агитации по охране труда и ряд других причин.

Вследствие взаимосвязи множества факторов, формирующих условия труда на рабочем месте, сложно выделить один из них, вызывающий несчастные случаи или заболеваемость работников. Однако, следует иметь в виду, что проблемы, ведущие к снижению качества продукции или перерывам в производственном процессе, приводят и к потере здоровья. Такие показатели рассматриваются как косвенные, характеризующие трудовой процесс и организации. производства в целом. К ним относятся: текучесть и смена кадров; инвестиционные вложения в улучшение условий труда; обучение и повышение квалификации в области охраны труда; профессионально-техническое обучение; вложение в производственную сферу и безопасность труда.

При идентификации показателей оценки профессиональных рисков, связанных со степенью организации производства, технического обеспечения, с квалификацией работников, уровнем обеспечения работ по охране труда, учитывались опасности, которые представляют: производственное оборудование; материалы и вещества, используемые в производственном процессе; технологические особенности производственного процесса; состояние производственной среды; надежные средства защиты работников.

Полный перечень показателей, охватывающий трудовой процесс и организацию производства, выглядит следующим образом:

1. характеризующие интенсивные вложения в улучшение условий труда: затраты на ремонт зданий, на мероприятия по охране труда, в связи с несчастными случаями на производстве, затраты на компенсации по условиям труда и другие;

2. характеризующие обучение в области охраны труда;

3. характеризующие вложения в производственную сферу;

4. характеризующие вложения в организацию производственного процесса;

5. характеризующие текучесть кадров.

Таким образом, представленная методика оценки показателей травматизма позволяет выявить основные возможные ошибки и недостатки в функционировании производственных систем управления разного уровня и способствуют предупреждению несчастных случаев и профессиональной заболеваемости на производстве.

УДК 628.742

Преимущества порошкового пожаротушения на строительных объектах

Студент гр. 114616 Трипузо Ю.Ю.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Вопросы противопожарной защиты строящихся объектов условно можно разделить на два этапа: противопожарная защита строительных объектов на этапе строительства, непосредственно в период проведения строительных работ.

Предусмотренное проектом оборудование зданий и помещений системами пожарной сигнализации и пожаротушения. Для этого существует множество способов и решений, большинство которых хорошо известны проектировщикам и регламентированы множеством нормативных документов.

В данной статье мы хотим ознакомить Вас с новым, в последнее время динамично развивающимся, видом пожаротушения – порошковым.

Первое. Экологически безопасны, не содержат токсичных компонентов и озоноразрушающих веществ. Испытания и тесты, проведенные многими государственными учреждениями, в том числе Министерством здравоохранения, Государственной санитарно-эпидемиологической службой и др., подтвердили соответствие модулей государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам и их безопасность для человека и окружающей среды.

Второе. Быстрое реагирование и раннее подавление очага возгорания без участия человека. Модули порошкового пожаротушения и построенные на их основе автоматические системы срабатывают в течение нескольких секунд после обнаружения очага возгорания и обеспечивают надежное подавление пожара в начальной стадии его развития. Благодаря этому достигается значительное сокращение объемов материального ущерба, который обычно порождается пожарами.

Третье. Широкий спектр применения по функциональному назначению защищаемых объектов, так и по климатическим условиям. Установки на основе модулей порошкового пожаротушения могут монтироваться практически на любых объектах промышленного и общегражданского назначения. Работают они в широком спектре температур от -50 до +50 градусов по Цельсию.

Четвертое. Универсальность применения. Модули благодаря используемому в них огнетушащему составу могут применяться для тушения возгораний различных веществ, в том числе твердых, жидких, газообразных и электрических установок, находящихся над напряжением.

Пятое. Безопасность хранения и надежность срабатывания. Большинство модулей, в обычном состоянии характеризуются отсутствием в них избыточного давления. Тим самым устраняются такие беспокоящие факторы как «травление» или угроза взрыва при нагревании и увеличивается процент безошибочного срабатывания.

Шестое. Высокая эффективность при сравнительно низкой стоимости. Быстродействующий метод выброса огнетушащего вещества (от 1 до 20 сек) обеспечивает модулям высокую эффективность тушения пожаров при малых расходах самого огнетушащего вещества. При этом оригинальная конструкция модулей и простая схема их включения позволяют создавать системы в 3 – 4 раза дешевле, чем водяные и в 8 – 10 раз – чем газовые.

Седьмое. Простота монтажа и обслуживания. Монтаж модулей и систем на их основе не требует специальной подготовки монтажников и осуществляется обычным инструментом. В течение всего срока службы модули подвергаются лишь внешнему осмотру и периодическим проверкам целостности электрических соединений.

УДК 614.8.027

Пути снижения травматизма на производстве

Студент гр. 104215 Анушко Т.Ю.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Охрана труда для работника – единственный способ сохранить самое главное богатство – жизнь, здоровье и трудоспособность. Она должна быть неотъемлемой частью его трудовых обязанностей. Уходя на работу, каждый работник и его семья должны быть уверены в том, что он вернется домой живым и здоровым.

Основной и фундаментальный принцип охраны труда – предотвращение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Именно на это должны быть направлены все мероприятия охраны труда.

Так, по оперативным данным Минского городского управления Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь за 8 месяцев 2008 года в результате несчастных случаев на производстве в организациях города погибло 29 человек. По сравнению с аналогичным периодом 2007 года наблюдается существенное снижение.

Причины травматизма на производстве в организациях города на протяжении последних лет – это невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда; несоблюдение работниками требований трудовой и производственной дисциплины; недостатки в обучении и инструктировании по охране труда потерпевшего; нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования; допуск к эксплуатации машин и оборудования, не отвечающих требованиям безопасности; неудовлетворительное содержание рабочих мест и недостатки в их организации.

Наиболее высокий травматизм наблюдается в строительной сфере. Так за 8 месяцев текущего года при выполнении строительно-монтажных и ремонтно-строительных работ на объектах г. Минска произошло 4 несчастных случая со смертельным исходом и 26 несчастных случаев с тяжелым исходом. При этом количество несчастных случаев с тяжелым исходом при выполнении строительно-монтажных работ по сравнению с прошлым годом увеличилось на 35 %.

В результате проводимой работы Минским городским управлением Департамента государственной инспекции труда за 8 месяцев 2008 года выявлено и пресечено 15,5 тыс. нарушений законодательства о труде и охране труда, приостановлена эксплуатация 193 единиц оборудования, машин и механизмов, создающих угрозу жизни и здоровью работников, а также 15 производственных участков. В качестве воспитательной меры к административной ответственности в виде штрафа за нарушения законодательства о труде и охране труда привлечены 343 нанимателя и 669 должностных лиц. Отстранено от выполнения работ 1218 работников. По выявленным нарушениям запрещено проведение отдельных видов работ, в том числе – на строительных объектах города.

Недостатки и упущения в работе по созданию надлежащих условий труда, нарушения требований охраны труда приводят к травматизму на производстве, профессиональной заболеваемости, необходимости производить дополнительные затраты на выплату компенсаций работникам по условиям труда.

Обеспечение охраны труда имеет большое социально-экономическое значение. Известно, что условия труда в значительной степени влияют на его производительность. При благоприятных условиях труда работник не затрачивает сил на защиту организма от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Необходимо добиваться такого положения, когда выполнение требований законодательства и локальных нормативных актов по охране труда для всех работников стало бы внутренней убежденностью. Достигнуть этого можно за счет поднятия уровня общей производственной культуры работников,

подлинного осознания ими того, что от работы каждого из них зависит состояние охраны труда в организации и их личное благополучие. Требованиям норм и правил по охране труда должны быть не просто знакомы и известны, а всесторонне изучены и обеспечены в реальных условиях каждым работником, и это должно стать для каждого работника неотъемлемой привычкой поведения на протяжении всего трудового процесса.

УДК 621.319:331.822

Воздействие статического электричества на организм человека

Студент гр.113515 Вереник Я.А.

Научный руководитель – Науменко А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электростатические заряды возникают на поверхностях некоторых материалов, как жидких, так и твердых, в результате сложного процесса контактной электролизации.

Интенсивность образования электрических зарядов определяется различием электрических свойств материалов в материалах электрических свойств, а также силой и скоростью трения. Чем больше сила и скорость трения и больше различие электрических свойств, тем интенсивнее происходит образование электрических зарядов.

Заряды могут возникнуть при измельчении, пересыпании и пневмотранспортировке твердых материалов, при переливании, перекачивании по трубопроводам, перевозке в цистернах диэлектрических жидкостей (бензина, керосина), при обработке диэлектрических материалов (эбонита, оргстекла), при сматывании тканей, бумаги, пленки (например, полиэтиленовой). При пробуксовывании резиновой ленты транспортера относительно роликов или ремня ременной передачи относительно шкива могут возникнуть электрические заряды с потенциалом до 45 кВ.

Кроме трения, причиной образования статических зарядов является электрическая индукция, в результате которой изолированные от земли тела во внешнем электрическом поле приобретают электрический заряд. Особенно велика индукционная электролизация электропроводящих объектов. Например, на металлических предметах (автомобиль и т.п.), изолированных от земли, в сухую погоду под действием электрического поля высоковольтных линий электропередач или грозových облаков могут образовываться значительные электрические заряды.

При прикосновении человека к предмету, несущему электрический заряд, происходит разряд последнего через тело человека. Величины возникающих при разрядке токов небольшие и они очень кратковременны. Поэтому электротравм не возникает. Однако разряд, как правило, вызывает рефлекторное движение человека, что в ряде случаев может привести к резкому движению, падению человека с высоты. Кроме того, при образовании заряда с большим электрическим потенциалом вокруг них создается электрическое поле повышенной напряженности, которое вредно для человека. При длительном пребывании человека в таком поле наблюдаются функциональные изменения в центральной нервной, сердечнососудистой и других системах.

Наибольшая опасность электростатических зарядов заключается в том, что искровой разряд может обладать энергией, достаточной для воспламенения горючей или взрывоопасной смеси. Искра, возникающая при разрядке электростатических зарядов, является частой причиной пожаров и взрывов.

Наибольшую опасность статическое электричество представляет на производстве и на транспорте, особенно при наличии пожаро-взрывоопасных смесей, пыли и паров легковоспламеняющихся жидкостей.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены в ГОСТ 12.1.045-84. «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Допустимые уровни напряженности полей зависят от времени пребывания на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{пред}$) равен 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты $t_{доп}$ в часах определяется по формуле

$$t_{доп} = \left(\frac{E_{пред}}{E_{факт}} \right)^2,$$

где $E_{факт}$ - фактическое значение напряженности электростатического поля, кВ/м.

Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м.

При выборе средств защиты от статического электричества должны учитываться особенности технологических процессов, физико-химические свойства обрабатываемого материала, микроклимат помещений и др., что определяет дифференцированный подход при разработке защитных мероприятий.

Защита от статического электричества осуществляется двумя путями:

- уменьшением интенсивности образования электрических зарядов;
- устранением образовавшихся зарядов статического электричества.

Уменьшение интенсивности образования электрических зарядов достигается за счет снижения скорости и силы трения, различия в диэлектрических свойствах материалов и повышения их электропроводности. Уменьшение силы трения достигается смазкой, снижением шероховатости и площади контакта взаимодействующих поверхностей. Скорости трения ограничивают за счет снижения скоростей обработки и транспортировки материалов.

Для защиты от статического электричества необходимо применять слабоэлектризующиеся или неэлектризующиеся материалы, устранять или ограничивать трение, распыление, разбрызгивание, плескание диэлектрических жидкостей.

Еще один распространенный метод устранения электростатических зарядов -ионизация воздуха. Образующиеся при работе ионизатора ионы нейтрализуют заряды статического электричества. Таким образом, бытовые ионизаторы воздуха не только улучшают аэрионный состав воздушной среды в помещении, но и устраняют электростатические заряды, образующиеся в сухой воздушной среде на коврах, ковровых синтетических покрытиях, одежде. На производстве используют специальные мощные ионизаторы воздуха различных конструкций, но наиболее распространены электрические ионизаторы.

В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться антистатическая обувь, антистатические халаты, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

УДК 621.74:628.517

Исследование освещенности рабочих мест литейных цехов

Студенты гр. 104124 Крук Е.Г., Чересьев Д.Н.

Научный руководитель – Лазаренков А.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Зрение – главный «информатор» человека: около 90% всей информации о внешнем мире поступает в наш мозг через глаза.

Рациональное освещение является одним из существенных показателей условий труда, охраны здоровья человека. При неудовлетворительном освещении зрительная способность глаза снижается, могут появиться головные боли, резь в глазах, близорукость, катаракта. Поэтому немаловажное значение должно придаваться созданию хорошей освещенности рабочего места. Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

Исследование естественного освещения участков литейных цехов показало, что коэффициент естественного освещения не соответствует нормированным значениям практически на всех участках цехов. Такое положение создается за счет того, что остекления боковых окон и светоаэрационных фонарей сильно загрязнены и не подвергаются чистке в установленные сроки. Часто часть площади оконных проемов закрыты эстакадами, технологическим оборудованием, стекла заменены стеклоблоками или армированным стеклом, имеющими невысокую светопропускную способность.

В табл. 1 приведены результаты исследований искусственного освещения рабочих мест литейных цехов. Сравнение фактической освещенности рабочих мест с нормативной показало недостаточность в системе искусственного освещения практически на всех участках литейных цехов. При изучении причин выявлено, что не все лампы работают (перегоревшие лампы длительное время не заменяются), установленные сроки чистки светильников не соблюдаются. Все это приводит к значительному снижению освещенности рабочих мест. Такое неблагоприятное положение в литейных цехах серийного и мелкосерийного производств в сравнении с цехами массового производства объясняется тем, что в данных цехах невысокий уровень механизации и автоматизации, а на каждом участке необходимо использовать грузоподъемные механизмы, такие как мостовой кран. Использование же мостовых кранов приводит к размещению светильников общего освещения на большой высоте (8-15 м от пола цеха), что значительно затрудняет оперативную замену перегоревших ламп, чистку и мойку светильников. А это существенно снижает световой поток от светильника и не обеспечивает требуемой освещенности. Исследования,

проведенные нами в ряде литейных цехов, показали, что плановые чистки и мойки светильников и замена перегоревших ламп увеличивают освещенность рабочих мест до 2-3 раз (табл. 1).

Однако следует отметить, что плановые чистки и мойки светильников проводятся крайне редко (в лучшем случае два раза в год), в то время как на отдельных участках их нужно осуществлять ежемесячно. Но даже вышеназванные профилактические мероприятия в большинстве случаев не позволяют получить на рабочих местах требуемую по нормам освещенность.

Исследуя освещенность рабочих мест литейных цехов построили гистограммы распределения искусственного освещения по уровням (ступеням) до и после чистки, мойки светильников и замены перегоревших ламп. Анализ полученных результатов показал, что до проведения профилактических мероприятий освещенность соответствовала нормам только на 12,5% рабочих мест литейных цехов массового, 2,4% – серийного и в 9,8% цехе мелкосерийного производства. Несколько лучшее положение с освещением отмечается в литейных цехах массового и мелкосерийного производств, технологические процессы и оборудование которых позволяет размещать светильники на меньшей высоте в связи с отсутствием на большинстве участков мостовых кранов, а также использованием в светильниках дуговых ртутных высокого давления ламп большой мощности (тип ДРЛ).

Таблица 1 – Результаты исследований освещенности рабочих мест литейных цехов

Участок цеха	Фактическая освещенность, лк		Норма освещенности, лк
	до профилактики	после профилактики	
Шихтовый	20-30	60-90	100
Смесеприготовительный	30-80	80-120	200
Стержневой	50-115	110-150	300
Формовочный	30-55	100-140	200
Плавильно-заливочный	30-45	100-130	200
Выбивной	30-85	85-140	200
Обрубочно-очистной	60-110	130-190	200
Цветного литья	90-110	130-150	200
Литья гильз	55-90	120-200	200

После осуществления профилактических мероприятий освещенность соответствовала нормам на 45,4% рабочих мест литейных цехов массового, 15,6% – серийного и 29,5% рабочих мест цеха мелкосерийного производства. Как видно из приведенных данных, профилактика систем освещения играет большую роль и дает ощутимые результаты, причем на большинстве рабочих мест литейных цехов освещенность составляет 100 лк. Однако этого недостаточно для выполнения многих работ.

На более чем половине рабочих мест освещенность недостаточна, особенно это отмечается в литейных цехах серийного производства, где профилактические мероприятия практически не дают эффекта. Такое неблагоприятное положение с освещением рабочих мест литейных цехов показало необходимость оценки существующих систем искусственного освещения, для чего были проведены расчеты по разработанным программам с использованием ЭВМ. В программах заложены светотехнические данные по 63 типам светильников с лампами накаливания (ЛН), дуговыми ртутными высокого давления (ДРЛ), металлогалогенными (МГЛ), натриевыми высокого давления (НЛВД) и люминесцентными лампами (ЛЛ), используемых в настоящее время или рекомендуемых для условий конкретных литейных цехов. При подборе типов светильников было учтено также, что основные производственные отделения и участки литейных цехов располагаются в высоких одно- или двухэтажных зданиях, оборудованных мостовыми кранами или тельферами, и вследствие этого для систем общего освещения следует использовать в основном источники с большой единичной мощностью и различными кривыми силы света светильников типа К – концентрированная, Г – глубокая и Д – косинусная.

Вначале были проведены расчеты требуемой мощности ламп в светильниках, используемых на различных участках обследованных нами литейных цехов. Анализ полученных данных показал, что в большинстве случаев в цехах предусмотрены типы светильников, уступающие по своим светотехническим характеристикам рекомендуемым и заведомо неспособные решить задачу создания нормальных зрительных условий труда работающих. Причем светильники не обеспечивают нормативную освещенность даже при коэффициенте запаса равном единице, в то время как в литейных цехах необходимо принимать его значение 1,5-2,0.

Сравнение расчетных и экспериментальных (полученных при проведении исследований) данных по участкам литейных цехов с разным характером производства свидетельствует, что разработанные программы позволяют определить наиболее оптимальные характеристики светильников для условий проектируемых или реконструируемых производств, оценить возможности систем искусственного освещения в действующих цехах и внести коррективы при их несоответствии. Однако наиболее выгодным вариантом увеличения освещенности рабочих мест является применение ламп большей мощности типа ДРЛ и МГЛ в используемых типах светильников.

В справочной литературе по светотехнике приведены параметры осветительных установок для характерных строительных решений отделений литейных производств. В частности, для различных строительных модулей при разных высотах подвеса светильников даны мощность лампы в светильнике и количество светильников на модуль. Проведенные нами расчеты по определению освещенности рабочих мест различных участков литейных цехов показали, что в ряде случаев рекомендуемые характеристики осветительных установок не обеспечивают требуемой освещенности рабочих мест. Так, для шихтового двора при строительном модуле 6×18 м требуемая освещенность обеспечивается при рекомендуемом количестве и мощности ламп только при высотах подвеса установок от 14 до 18 м, а при меньшей и большей высоте она ниже нормативной до полутора раз. При модуле 6×24 м рекомендуемое количество светильников не создает требуемой освещенности на всех высотах подвеса (освещенность не более 120-130 лк при нормативной 150 лк).

Для стержневых и формовочных участков со строительными модулями 6×18 , 6×24 и 6×30 м рекомендуемые параметры осветительных установок также могут создавать нормативную освещенность только при высотах подвеса более 14 м. Кроме того замечено, что некоторые рекомендуемые светильники вообще не пригодны для условий этих участков, так как создаваемая ими мощность ниже требуемой до 2 раз. Аналогичное положение характерно и для участков выбивки, обрубки и очистки литья.

Таким образом, анализ результатов исследований освещения действующих литейных цехов со всей очевидностью показал, что действующие системы искусственного освещения, как правило, не отвечают предъявляемым к ним требованиям по созданию нормальных зрительных условий труда и не позволяют получить требуемую освещенность на большинстве рабочих мест литейных цехов. Поэтому необходимо определять оптимальные варианты осветительных установок с использованием ламп типа ДРЛ и МГЛ на стадии проектирования или реконструкции, а также для действующих литейных цехов; следует строго выполнять рекомендуемые сроки проведения профилактических мероприятий, что позволит создавать требуемые зрительные условия труда литейщиков или значительно улучшить их.

УДК 159.9:658.345

Психология безопасности труда. Риск-факторы

Студент гр. 105416 Пупко В.В., Якушкина А. В.
Научный руководитель – Мордик Е. В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Психология безопасности труда — это применение психологических знаний в области охраны труда. Она является относительно мало изученной областью научного исследования и практического применения и представляет собой один из разделов психологии труда. Её задача — способствовать тому, чтобы трудовая деятельность становилась легче, безопаснее, доставляла больше радости, чтобы человеческие отношения на предприятии становились гармоничнее, а отношение к труду как можно более сознательным и активным. Психология труда решает эту общую задачу специфически, а именно — путем изучения так называемых психических факторов. Под психическими факторами понимают психические явления, регулирующие поведение и деятельность человека: его внимание, ощущение, эмоциональную жизнь, мышление, волю и др.

Безопасность значительной части трудовых процессов зависит именно от точной, быстрой и правильной реакции рабочего на определенные явления, возникающие в ходе трудового процесса. Для этого важную роль играет установление взаимодействия между двигательным анализатором и другими органами чувств. Значительная часть несчастных случаев связана с неточностью мышечных ощущений или недостаточным зрительным контролем за движением. С точки зрения безопасности труда весьма важно добиться от работника, чтобы он знал, в какой момент и за какими объектами ему нужно следить с особой тщательностью. Тут важную роль играют: внимание, память, воображение, мышление, эмоции, воля.

Факторы, устойчиво повышающие подверженность опасности:

1. Постоянные функциональные изменения в нервной системе или других органах, имеющие болезненный характер или близкое к нему состояние.
2. Различные изъяны органов чувств, например частичная потеря зрения, глухота и др.
3. Нарушения связи между сенсорными и двигательными центрами высших отделов нервной системы (лицо неспособно с должной быстротой и точностью реагировать на внешние воздействия, воспринимаемые его органами чувств).
4. Дефекты, возникающие в согласованности, координации движений (неловкость).
5. Неуравновешенность эмоциональных процессов. Например, повышенная эмоциональная неустойчивость, неожиданные смены радости и злобы, острые эмоциональные реакции на незначительные внешние раздражения.
6. Пагубные пристрастия к алкоголю, наркотикам.

7. Неудовлетворенность работой, отсутствие интереса к ней. Человек, который не интересуется работой и не получает удовлетворения, не способен психологически правильно настроиться и сосредоточить свое внимание на точном выполнении приемов и движений.

Факторы, временно повышающие подверженность опасности:

1. Неопытность. Практический опыт является фактором, снижающим подверженность опасности несчастного случая; профессиональный опыт, стаж работы человека влияют на повышение его безопасности.

2. Неосторожность — это такой фактор, который увеличивает подверженность опасности несчастных случаев в течение какого-то времени одного рабочего или целых коллективов.

3. Утомление. Состояние утомления является следствием различных нарушений в организме, отклонений от нормы в функциях нервной системы; в особенно тяжелых случаях оно может рассматриваться как патологическое явление, повышающее подверженность опасности несчастных случаев.

Таким образом, для повышения индивидуальной защищенности человека от несчастных случаев необходимо усилить его мотивацию к безопасной работе. Если такая мотивация окажется достаточно сильной, она будет способствовать не только более точному выполнению правил и более безопасному поведению рабочего, но и снижению в его деятельности числа рискованных действий, что косвенно повысит безопасность его труда.

Одно из средств усиления мотивации рабочих к безопасному труду — создание нетерпимого отношения к нарушению правил. Для усиления мотивации рабочих к труду и его безопасности используются различные методы стимуляции. Усилить мотивацию рабочих к безопасному труду можно с помощью как положительной стимуляции (морального и материального поощрения за безопасный труд), так и отрицательной (социальных и материальных наказаний за нарушение правил). Отрицательная стимуляция за нарушения полезна только в процессе обучения и выработки навыков, где наказания препятствуют закреплению опасных и запрещенных приемов труда. В общем же случае безопасному труду больше способствует положительная стимуляция.

Проблема обеспечения безопасности труда — не только техническая или организационная, но в значительной мере и психологическая. Этот факт непременно следует учитывать при организации системы охраны труда на производстве. Есть вполне определенные психофизиологические, социальные и профессиональные качества, а также индивидуальные состояния, которые отрицательно сказываются на защищенности рабочих от профессиональных опасностей. Эти качества и состояния должны своевременно выявляться и учитываться при профилактике трудового травматизма.

УДК 628.742

Технические возможности модулей порошкового пожаротушения

Студент гр. 114616 Трипузо Ю.Ю.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технические возможности модулей порошкового пожаротушения в настоящее время разработаны и выпускаются модули порошкового пожаротушения с объемом от 0,3 до 100 литров.

На основе выпускаемых в стране модулей порошкового пожаротушения возможно построение автоматической системы пожаротушения. Факторы пожара в нашем случае контролируются пожарными извещателями. Выбор извещателя лежит на проектировщике. Это могут быть дымовые извещатели, извещатели пламени, тепловые извещатели и т.п.

В начальной стадии пожара происходит срабатывание соответствующего пожарного извещателя. Сигнал от извещателя передается на прибор приемно-контрольный пожарный (ППКП). На приборе выдается звуковой, световой сигналы тревоги и выдается сигнал на устройство управления запуском средств пожаротушения.

Прибор пожарный управления (ППУ) предназначен для формирования сигналов управления автоматическими средствами пожаротушения, контроля их состояния, управления световыми и звуковыми оповещателями.

Соответственно ППУ, при поступлении сигнала о пожаре от ППКП, включает звуковые и световые оповещатели и с задержкой в 35 – 45 сек (либо расчетного времени) запускает модули порошкового пожаротушения

В настоящее время на рынке приборов пожарной автоматики для одного – двух защищаемых помещений (зон защиты) можно приобрести приборы, совмещающие в себе и ППКП и ППУ.

Принцип построения модульных установок порошкового пожаротушения заложен в самом названии – «модульная», т.е. состоящая из блоков – модулей. Другими словами это кубики из детской игры, которые Вам нужно подобрать и составить вместе.

Используя порошковые модули возможно построение системы порошкового пожаротушения, адаптированной с любой системой пожарной сигнализации, в том числе импортными системами (Vista, Fittich и т.п.).

Если Вам необходимо защитить какое-то здание, сооружение, сеть офисов системой пожарной сигнализации, а в подземном гараже установить систему пожаротушения, то Вы можете успешно решить задачу, используя порошковые системы пожаротушения.

В отличие от традиционных средств пожаротушения (водяные, пенные, газовые), система порошкового пожаротушения, в силу универсальности используемого огнетушащего средства (порошка), имеет ряд преимуществ, оказывающих существенное влияние на выбор типа автоматической установки пожаротушения:

- возможность ликвидации загораний твердых горючих материалов, горючих жидкостей, газов и электроустановок под напряжением;
- возможность применения установки в неотапливаемых помещениях с температурными условиями эксплуатации от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- отсутствие необходимости защиты чувствительного оборудования от повреждения водой, устройства сбора и удаления воды после срабатывания спринклерной (дренчерной) установки пожаротушения;
- порошковые системы пожаротушения неприхотливы к требованиям герметичности помещения (возможность тушения при открытых проемах и на открытых площадках). Кроме того, при монтаже модульных установок порошкового пожаротушения не требуется наличие отдельного помещения для размещения оборудования, не требуется прокладка трубопроводов большой длины, подающих огнетушащий состав.

Именно эти обстоятельства делают модульные порошковые системы привлекательными для проектно-монтажных организаций и позволяют использовать данное средство тушения для защиты торговых предприятий, офисных помещений, гаражных боксов, а также промышленных объектов.

Примеры размещения порошковых модулей на различных объектах: порошковое пожаротушение предпочтительно использовать для защиты пространств за подвесными потолками, фальшполами, кабельных колодцев, складских ячеек и т.п., где тушение возможных загораний водой (спринклерные установки) невозможно из-за токопроводности огнетушащего средства (воды), а тушение газовыми составами нерентабельно из-за высокой стоимости оборудования и огнетушащих составов.

Учитывая данное обстоятельство, системами порошкового пожаротушения в настоящее время оборудуются автозаправочные станции, расходные склады ГСМ и другие пожароопасные объекты в различных регионах страны.

УДК 614.842.611

О тушении загораний порошковыми составами

Студент гр. 108415 Яганов Е.О.
Научный руководитель – Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Огнетушащие порошковые составы представляют собой тонко измельченные минеральные соли с различными добавками, служащими для уменьшения слеживаемости и комкования. Преимущества порошков по сравнению с другими огнетушащими средствами следующие: очень высокая огнетушащая способность (в несколько раз выше, чем даже у галогенированных углеводородов); универсальность – ими можно тушить даже материалы, не поддающиеся тушению водой, пеной, газовыми или галогенированными составами (в частности, щелочные металлы, кремний- и металлоорганические соединения); разнообразие способов пожаротушения (объемный, локальный, комбинированный); невысокая стоимость.

Огнетушащий эффект при использовании порошков достигается за счет комплексного воздействия таких факторов, как: ингибирование (торможение) химических реакций в зоне горения; охлаждение зоны горения вследствие расходования тепла на нагрев и термическое разложение частиц порошка; разбавление горючей среды как частицами порошка, так и продуктами его разложения; эффект огнепреграждения (при тушении по поверхности) по аналогии с сетчатыми и гравийными огнепреградителями. Тушение пожаров большинства веществ и материалов с помощью порошков достигается за 5 – 7 с.

Достоинством порошковых составов является не только их высокая огнетушащая эффективность, но и диэлектрические свойства, которые делают возможным применение их для тушения пожаров различного рода электроустановок. Однако большинство порошковых составов имеет недостатки: высокую гигроскопичность, способность к слеживанию и образованию комков, несовместимость с пеной.

Различают порошки общего и специального назначения. Порошки общего назначения используют для тушения пожаров обычных (органических) горючих материалов (легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей, например различных нефтепродуктов, растворителей, углеводородных

сжиженных газов, твердых материалов - древесины, резин, пластиков и т.п.). Тушение этих материалов достигается путем создания порошкового облака, которое окутывает очаг горения.

Огнетушащие порошки являются сложными гетерогенными системами, поэтому они обладают специфическими свойствами. Химический состав порошков определяет их огнетушащее действие и эксплуатационные свойства.

При разработке огнетушащих порошков подбирают соли, которые удовлетворяют обоим требованиям, или соли подвергают специальной обработке. Эффективность использования порошков зависит также от способа и условий их подачи в очаг пожара. В настоящее время доминирует пневматический способ подачи, заключающийся в выдавливании порошка из сосуда сжатым газом.

Стационарные установки порошкового пожаротушения предназначены для тушения пожаров и загораний спиртов, нефтепродуктов, щелочных металлов, кремний- и металлоорганических соединений и других горючих материалов, а также различных электроустановок напряжением до 1000 В.

При эксплуатации установок порошкового тушения проводят следующие виды технического обслуживания: ежедневный осмотр; ежемесячное техническое обслуживание; полугодовое техническое обслуживание.

При ежедневном осмотре необходимо: произвести внешний осмотр (убедиться в отсутствии повреждений и коррозии, наличии пломб, проверить состояние заземления); проверить давление в пусковых баллонах до показания манометра.

При ежемесячном техническом обслуживании кроме ежедневного осмотра необходимо: произвести внешний осмотр частей установки (убедиться в отсутствии повреждений и коррозии); проверить состояние креплений, резьбовые соединения подтянуть; проверить давление в баллонах по показаниям манометров; места с нарушенным покрытием очистить от ржавчины и покрыть антикоррозионной смазкой.

При полугодовом техническом обслуживании выполняют все работы ежедневного и ежемесячного технического обслуживания и дополнительно: проверяют дату последнего освидетельствования манометров, баллонов, сосудов и при необходимости производят проверку или техническое освидетельствование в установленном порядке; проверяют качество порошка.

УДК 621.791.65: 658.345

Характеристика вредных веществ, выделяющихся при сварке плавлением

Студент гр. 104814 Дубинчик О.Ю.

Научный руководитель – Данилко Б.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к состоянию воздушной среды в рабочей зоне при выполнении сварочных работ.

Процессы сварки плавлением широко применяются во многих отраслях промышленности. Сварка плавлением характеризуется высокими технико-экономическими показателями.

Однако, сварка плавлением обладает и некоторыми отрицательными свойствами: опасность для работающих поражения электрическим током, брызги расплавленного металла, инфракрасное (тепловое) и ультрафиолетовое излучения. Кроме того воздух рабочей зоны и производственного помещения в целом загрязняется пылью (сварочным аэрозолем), состоящей из оксидов железа, марганца, кремния, хрома, никеля, фтористого водорода, оксидов азота и углерода и др. веществ, входящих в состав свариваемых изделий и сварочных материалов.

Вредные вещества, выделяющиеся при сварке, оказывают неблагоприятное воздействие на организм работающих. Марганец проникает в организм человека через легкие, оказывает токсическое воздействие на центральную нервную систему. Фтористый водород приводит к раздражению и воспалению слизистых оболочек носа и носоглотки. Оксид азота проникает в дыхательные пути, раздражает слизистые оболочки глаз и носа, возможен токсический отек легких. Сварочный аэрозоль в целом является веществом раздражающего и удушающего действия, при высоких концентрациях вызывает токсические пневмокониозы и металлическую лихорадку. Озон оказывает раздражающее действие, которое усиливается при совместном воздействии оксидов азота и при физической нагрузке.

Значительное количество вредных веществ выделяется при электродуговой сварке покрытыми электродами. Валовое содержание их в рабочей зоне зависит от состава свариваемого металла, металла стержня электродов, покрытия электродов, силы сварочного тока, конфигурации свариваемого изделия, положения сварщика относительно сварочной дуги и эффективности вентиляции.

При сжигании электродов выделяется на 1 кг сварочного материала железа оксида 7,0 – 20,0 г, марганца – 0,6 – 1,8 г, фтористого водорода – 2,0 – 3,0 г.

При механизированной сварке в углекислом газе на 1 кг электродной проволоки выделяется 0,2 – 1,8 г оксидов марганца, 0,5 -2,0 г оксидов хрома, 8,0 – 12,0 г оксидов железа, 2,7 – 3,0 г оксидов углерода, 0,06 – 0,1 г оксидов азота.

При автоматической сварке сталей под флюсом на 1 кг электродной проволоки выделяется марганца – 0,09 г, фтористого водорода – 0,04 – 0,15 г, оксида углерода 17,0 – 22,0 г.

Исследования воздуха рабочей зоны показали, что концентрация вредных веществ при электросварке покрытыми электродами составляет:

- марганец – 0,13 – 0,32 мг/м³ (ПДК – 0,2 мг/м³);
- оксид железа – 3,2 – 7,6 мг/м³ (ПДК – 6,0 мг/м³);
- водород фтористый – 0,15 – 0,5 мг/м³ (ПДК – 1,0 мг/м³);
- оксид азота – 1,2 – 3,8 мг/м³ (ПДК – 5,0 мг/м³);
- оксид углерода – 7,3 – 12,5 мг/м³ (ПДК – 20 мг/м³).

При механизированной сварке в углекислом газе концентрация вредных веществ следующая:

- марганец – 0,1 – 0,22 мг/м³;
- оксид железа – 3,0 – 6,5 мг/м³;
- оксид азота – 1,5 – 3,0 мг/м³;
- оксид углерода – 4,5 – 7,0 мг/м³;
- озон 0,05 – 0,1 мг/м³ (ПДК – 0,1 мг/м³).

Из всех способов электродуговой сварки наиболее благоприятным с гигиенической точки зрения является сварка неплавящимся электродом в аргоне. Концентрации пыли в зоне сварки не выходит за пределы 2 – 2,5 мг/м³, марганца – 0,01 – 0,05 мг/м³, озона – 0,08 – 0,15 мг/м³. Снизить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны можно за счет работы на оптимальных режимах сварки, в частности следует сварку производить на малых токах и использованием высококачественных сварочных материалов. Обязательным является эффективная вентиляция в рабочей зоне сварщиков за счет применения местных отсосов.

УДК 613.644

Шум, его вредное воздействие на организм человека. Современные средства индивидуальной защиты от шума

Студенты гр. 112316 Новогорская А.Ю., Потапчик Т.Л.

Научный руководитель – Кузьмич Т.П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Проблема защиты от шума стоит в ряду важнейших во многих видах производств. Следует отметить, что бороться с шумом начали давно: еще за три тысячи лет до нашей эры шумеры приказывали оружейникам убирать свои мастерские из центра городов. Юлий Цезарь почти 2000 лет назад в Риме запретил езду ночью на грохочущих колесницах. Тогда же появился запрет на петушиное пение до наступления рассвета. А всего 400 лет назад королева Англии Елизавета III издала закон, который существует по сей день и запрещает мужьям бить своих жен после 10 часов вечера и до пяти утра: «чтобы их крики не беспокоили соседей».

Многие ученые твердо убеждены, что шум (сочетание различных по частоте и силе звуков) является «загрязнителем рабочей среды» и наносит серьезный ущерб здоровью служащих, так как:

- его воздействие приводит к повышению давления;
- у 60 % персонала происходят нарушения сна и изменения в характере далеко не в лучшую сторону;

- 5 % сотрудников становятся вспыльчивыми и раздражительными;
- у 28 % женщин нарушается менструальный цикл;
- 40 % людей теряют слух (профессиональная глухота чаще всего поражает людей «шумных»

профессий: клепальщиков, молотобойцев, ткачей, артиллеристов, звукорежиссеров, музыкантов джазовых и симфонических оркестров. К группе риска относятся даже космонавты, поскольку круглосуточная работа приборов и вентиляторов создает на космических станциях шумовой фон 80 децибел).

Именно поэтому установлены ограничения и изданы нормативы, регламентирующие шумовое воздействие на людей. По информации Всемирной организации здравоохранения, человек не может отдыхать при шуме свыше 40 децибел. Для подростков предельно допустимая сила звука – 70 дБ, для взрослых – 90 дБ. Зоны свыше 86 дБ опасны, а в зонах с шумом, превышающим 135 дБ, запрещено даже кратковременное пребывание людей. Шум в 15- дБ не переносится человеком, а при 180 дБ уже наступает «усталость» металлов и выбиваются заклепки. Интересны следующие данные: звуковой комфорт – 20 дБ; шум проезжей части улицы – 60 дБ; интенсивное движение – 80 дБ; работа пылесоса – 75 – 80 дБ; шум в метро – 90 -100 дБ; концерт – 120 дБ; взлет самолета – 145 – 150 дБ; взрыв атомной бомбы – 200 дБ.

Современная наука накопила большой арсенал средств защиты от шума на производстве, наиболее распространенным из которых являются средства индивидуальной защиты, создающие физическое препятствие на пути распространения звуковых волн, уменьшая тем самым вредное воздействие их на чувствительный орган – ухо. Первым и главным типом таких средств являются шумоподавляющие

наушники, которые должны применяться везде, где уровень шума превышает 90 дБ при продолжительности работы 8 часов. Чтобы не нанести вреда здоровью, необходимо соблюдать правило: начиная с 90 дБ, увеличение шума на каждые 3 дБ должно повлечь за собой сокращение рабочего времени в два раза. Например, при уровне шума 91 – 94 дБ продолжительность работы (без дополнительной защиты) может равняться 4 часам; от 94 до 97 дБ – 2 часам; а от 103 до 106 дБ – всего 15 минутам. В настоящее время белорусская фирма «Фригат» предлагает средства индивидуальной защиты слуха производства французской компании Sperain под торговыми марками Howard Leight (противошумные вкладыши) и Bilsom (наушники). Наушники «Кларити» специально предназначены для того, чтобы обеспечить рабочему возможность слышать лучше в условиях повышенного уровня шума без применения электроники и обеспечить достаточный уровень защиты. Они фильтруют воздействие шума на вредных частотах, свободно пропуская предупреждающие сигналы и звуки человеческой речи, что позволяет рабочим общаться во время выполнения производственных задач. В ассортименте наушников, предлагаемых на белорусском рынке, есть и обеспечивающие максимальную защиту слуха – наушники «Тандер». Эти наушники снабжены недеформируемым удобным двойным оголовьем с вентилируемым слоем и телескопической регулировкой. Наушники «Тандер» рекомендованы также и для безопасной работы в электроустановках. Особенностью наушников серии «Лайтинг» является оголовье из прочной стальной проволоки, которая выдерживает самые суровые производственные условия.

Наушники серии «Тандер» и «Лайтинг» изготавливаются с применением запатентованной технологии Air Flow Control. Традиционные наушники очень плохо подавляют шум на низких частотах и обеспечивают неоднородную защиту от шумов на высоких частотах. Поэтому они не могут быть признаны оптимальными средствами защиты органа слуха в производственных условиях с различными типами шумов. Запатентованная конструкция вышеуказанных наушников позволяет воздуху свободно выходить из внутренней части чашек наушников наружу, что позволяет снизить вибрацию чашек наушников, вызываемую шумом на низких частотах. Высокотехнологичный слой нетканого материала пропускает поток воздуха на низких частотах, блокируя высокие частоты. Таким образом, эти наушники имеют равномерное шумоподавление на всех частотах и подходят для производственных условий с любыми типами шумов. Альтернативой использованию наушников для многих видов работ является применение противошумных вкладышей. Они комфортны, удобны и обеспечивают высокий (до 37 дБ) уровень защиты от воздействия шума. Компания Sperain предлагает как вкладыши от ограниченного срока использования, так и многоразовые противошумные вкладыши из различных материалов. Самые популярные из вкладышей ограниченного срока использования – это вкладыши, изготовленные из вспененного полиуретана. Этот мягкий материал легко скручивается и вставляется в ухо. Затем вкладыш расправляется и принимает первоначальный размер и форму, хорошо закрывая ушной канал. При этом он не оказывает давления на ушной канал, не вызывает чувства дискомфорта. Особенность противошумных вкладышей Matrix из термопластиковой резины состоит в том, что они не требуют скручивания и фильтруют шум на вредных частотах, пропуская звуки на частоте речи человека. Это дает возможность слышать звук приближающегося транспорта или сигнализации. Ушные вкладыши из полиуретана экономичны и могут использоваться несколько раз. Их даже не нужно мыть, а можно просто протирать и, конечно, следует хранить в чистом месте. Эти вкладыши можно использовать в течение нескольких рабочих недель.

Таким образом, необходимо строгое соблюдение установленных правил по защите соответствующих средств индивидуальной защиты и повышение их эффективности.

УДК 613.94:614.876(476)

Защита от ионизирующих излучений в домах – здоровье и безопасность граждан Республики Беларусь

Студент 3 курса БГТУ Жук Н.Н.

Научный руководитель – Терешко В.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания специалистов и общественности к проблеме защиты населения от действия ионизирующих излучений.

Одним из основных принципов государственной политики в современных условиях утверждается принцип поддержания здоровья и безопасности граждан Республики Беларусь (РБ). Решение проблемы защиты людей от вредного воздействия ионизирующих излучений (ИИ), является одной из составляющих национальной безопасности Республики Беларусь. Эта тема особенно актуальна для местностей с повышенной искусственной радиоактивностью вызванной последствиями Чернобыльской катастрофы. В РБ создана и успешно функционирует широкая система радиационного мониторинга окружающей среды. Объектами наблюдений при проведении мониторинга являются атмосферный воздух, почва, поверхностные и подземные воды. Проведение исследований, направленных на изучение закономерностей вредных воздействий в системе «человек – среда обитания» позволит разрабатывать теоретические основы по

совершенствованию и разработке новых технологий и систем, максимально снижающих вредного действия радиации на человека и окружающую среду.

В помещениях (при отсутствии искусственных источников) человек подвергается воздействию техногенно изменённого естественного радиационного фона, обусловленного природными источниками ионизирующего излучения. В первую очередь, это космическим излучением и излучениями естественных (земного происхождения) радионуклидов (ЕРН), содержащихся в грунте, на котором возведено здание, в строительных материалах, из которых изготовлены ограждающие конструкции, а также радионуклидами, поступающими в помещения вместе с воздухом, водой и в результате сгорания топлива.

Неблагоприятное воздействие на организм человека в жилом помещении (особенно в квартирах на первых этажах) оказывает радон – радиоактивный газ, являющийся природным источником ионизирующих излучений. Основная часть облучения населения ЕРН уранового и ториевого семейств зависит от деятельности и образа жизни людей и может регулироваться ими. Типичным примером является внешнее облучение, обусловленное гамма-излучением радия-226, тория-232, калия-40, и внутреннее облучение за счёт вдыхания радона и торона, содержащихся в приземном слое атмосферы и в воздухе закрытых помещений. Концентрации этих радиоактивных газов определяются содержанием материнских радионуклидов в грунтах на участках застройки и строительных материалах, используемых при сооружении домов. Основная же доля радиации приходится на воздействие атмосферных продуктов распада газа радона – 43%.

При рассмотрении вопросов, связанных с ущербом, который наносит организму человека ИИ, необходимо иметь данные об уровне радиационного фона, который кроме природной составляющей имеет и техногенное происхождение. В настоящее время на территории СНГ мощность эквивалентной (экспозиционной) дозы (МЭД) или природный радиационный фон в среднем составляет 0,05–0,50 мкЗв/ч (5–50 мкР/ч), а для Беларуси – 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч). Естественный радиационный фон в пределах 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч) признано считать нормальным, фон 0,2–0,6 мкЗв/ч (20–60 мкР/ч) считается допустимым, а фон свыше 0,6–1,2 мкЗв/ч (60–120 мкР/ч) – повышенным. На естественный фон излучения, зависящий от геологических и планетарных факторов, выпадают 22%.

На кафедре безопасности жизнедеятельности БГТУ проведены специальные исследования по оценке мощности дозы в современных зданиях из различных материалов и на разных этажах. Исследование проводилось с целью получения достоверной информации о радиационной обстановке и сбора статистической информации. В ходе эксперимента, измерения проводились в помещениях, выявлялся вклад перекрытий и стеновых ограждений из различных материалов в формирование величины МЭД. Измерение производилось в основном приборами ДРГ-01Т1 и ДБГ-06Т, оборудованными газоразрядными счётчиками.

Средние значения мощности дозы в помещениях в зданиях из сборного железобетона повышенной этажности постройки 2006 года, оказались равными соответственно от 0,11 до 0,15 мкЗв/ч. При этом, изменение МЭД с повышением этажа, отмечается незначительно. Распределение значений мощности дозы в этих зданиях на всех этажах соответствует нормальному. А в 5-и этажных кирпичных зданиях постройки 1978 года от 0,12 до 0,17 мкЗв/ч, что также соответствует нормальному.

Анализируя результаты измерений, установлено, что мощность гамма-излучения в помещении зависит от содержания радионуклидов в ограждающих строительных конструкциях. Снижение гамма-фона в помещениях уже построенных гражданских, жилых и общественных зданий является практически невозможным или, как правило, экономически нецелесообразным в связи со значительной проникающей способностью гамма-излучения. Такое снижение реально только в тех случаях, когда повышенный уровень гамма-фона обусловлен использованием материалов для устройства теплоизоляционных засыпок или территорий около здания с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Кроме того, определено, что с повышением этажа здания мощность дозы имеет тенденцию к увеличению. Это увеличение обусловлено, по-видимому, излучением перекрытий нижележащих этажей. Следует считать, что основной вклад в мощность дозы в центре помещения вносят железобетонные плиты перекрытий, а около 40% МЭД формируется излучением, проникающим из соседних помещений через ограждающие конструкции, оконные и дверные проёмы. Таким образом, полученные расчётные значения следует увеличивать в 1,4 раза. При нормируемом значении удельной эффективной активности строительных материалов, равной 370 Бк/кг, мощность дозы в центре помещения может достигать 30–35 мкР/ч, что считается допустимой.

Таким образом, становится очевидным, что уровень облучения населения ЕРН будет зависеть от радиоактивности строительных материалов, изготавливаемых, как правило, из местного минерального сырья, сложившейся практики строительства в стране и климатических особенностей конкретного региона.

На основе полученных результатов измерений можно сделать предварительный вывод о возможности безопасного проживания в современных домах. Ухудшение характеристик окружающей среды, связанное с присутствием, перераспределением и возможностью локального концентрирования природных источников облучения в среде обитания, требует принятия соответствующих мер контроля законодательно-правового, нормативного и организационно-технического характера.

Правильная оценка нагрузок от естественных радионуклидов позволяет провести сопоставление уровней от естественных и искусственных источников излучения, определить объёмы, направленность и даже целесообразность проведения реабилитационных мероприятий. Кроме того, снижение общей текущей

дозовой нагрузки, следовательно, и вредных последствий облучения может быть более эффективным при реализации мероприятий по снижению облучения населения природными источниками.

Опыт свидетельствует о том, что оценка роли опасности в среде обитания человека позволяет на практике полностью обеспечить его защиту, создав условия для нормальной жизни. Именно поэтому необходимо ввести ту запретную черту во взаимодействии человека с окружающим миром, переступить которую человечество не имеет права ни при каких обстоятельствах.

УДК [614.8.02:54]:551.5(1-21)

Оценка последствий чрезвычайной ситуации в условиях города

Студентка гр. 4 ЛХФ Романенко М.О.

Научные руководители – Перетрухин В.В., Астахова Т.А.

Белорусский государственный технологический университет

г. Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме защиты населения и окружающей среды от аварийных химически опасных веществ

В районе расположения УО «Белорусский государственный технологический университет» потенциальным источником химической опасности является РУП «Белмедпрепараты» в технологическом цикле которого используется 6 т аммиака.

СДЯВ выбрасываемые при авариях на химических предприятиях переносятся и рассеиваются в атмосфере по-разному в зависимости от ряда факторов: метеорологических, климатических, рельефа местности и расположения на ней объектов предприятий, плотности застройки, растительного покрова. При этом к важнейшим метеорологическим и климатическим факторам относят скорость ветра, температуру окружающего воздуха и распределение ее по вертикали, осадки. Особая роль их проявляется в нижнем слое атмосферы – до высоты 50–250 м над поверхностью земли.

После выброса из источника СДЯВ, они не остаются в атмосфере в неизменном виде. Поступившие в атмосферу частицы СДЯВ перемещаются благодаря молекулярной и турбулентной диффузии. Информация о скоростях и направлениях ветра в рассматриваемом районе расположения химически опасного объекта используется для анализа и выявления частоты образования неблагоприятных метеорологических условий, при которых возникает повышенное загрязнение воздуха.

СДЯВ после выброса разбавляется незагрязненным воздухом, при этом особое значение имеет концентрация СДЯВ в приземном слое воздуха до двух метров, где находятся люди.

Прогнозирование масштабов химического заражения в условиях города тесно связано с его климатом. Климатические условия в городах значительно отличается от окружающих районов, причем эти отличия при прочих равных условиях тем больше, чем значительнее территория города.

С использованием методики РД 52.04.253-90 были проведены расчеты для РУП «Белмедпрепараты», в технологическом цикле которого используется 6 т аммиака. Расчеты проведены при скорости ветра от 1 до 15 м/с и при различных степенях вертикальной устойчивости воздуха.

Из данных приведенных в табл. 1–3 видно, что наиболее сильное влияние на уровень приземной концентрации СДЯВ оказывает температурная стратификация атмосферы (степень вертикальной устойчивости атмосферы), т.е. характер вертикального распределения температур. Температурная стратификация определяется способностью поверхности земли поглощать или излучать тепло.

Таблица 1 – Глубина зоны заражения (км) и площади зоны заражения (км²) (степень вертикальной устойчивости атмосферы – инверсия)

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С					
	-20°С	-10°С	0°С	10°С	20°С	30°С
1	<u>0,519</u>	<u>0,589</u>	<u>0,684</u>	<u>0,778</u>	<u>0,871</u>	<u>0,945</u>
	0,022	0,028	0,038	0,049	0,061	0,072
2	<u>0,376</u>	<u>0,430</u>	<u>0,488</u>	<u>0,561</u>	<u>0,628</u>	<u>0,686</u>
	0,012	0,015	0,019	0,025	0,032	0,038
3	<u>0,320</u>	<u>0,359</u>	<u>0,405</u>	<u>0,461</u>	<u>0,516</u>	<u>0,561</u>
	0,008	0,010	0,013	0,017	0,021	0,025
4	<u>0,302</u>	<u>0,335</u>	<u>0,3450</u>	<u>0,410</u>	<u>0,474</u>	<u>0,515</u>
	0,007	0,009	0,0096	0,014	0,018	0,021

Таблица 2 – Глубина зоны заражения (км) и площади зоны заражения (км²) (степень вертикальной устойчивости атмосферы – конвекция)

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С			
	0°С	10°С	20°С	30°С
1	<u>0,0840</u>	<u>0,1220</u>	<u>0,1410</u>	<u>0,160</u>
	0,0016	0,0034	0,0046	0,006
2	<u>0,0600</u>	<u>0,0860</u>	<u>0,100</u>	<u>0,1200</u>
	0,0008	0,0017	0,002	0,0034
3	<u>0,0520</u>	<u>0,0740</u>	<u>0,0850</u>	<u>0,1090</u>
	0,0006	0,0013	0,0017	0,0027
4	<u>0,0460</u>	<u>0,0600</u>	<u>0,0750</u>	<u>0,1000</u>
	0,0005	0,0008	0,0013	0,0023

Таблица 3 – Глубина зоны заражения (км) и площади зоны заражения (км²) (степень вертикальной устойчивости атмосферы – изотермия)

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С					
	-20°С	-10°С	0°С	10°С	20°С	30°С
1	<u>0,1360</u>	<u>0,174</u>	<u>0,251</u>	<u>0,326</u>	<u>0,403</u>	<u>0,427</u>
	0,0024	0,004	0,008	0,014	0,022	0,024
2	<u>0,1000</u>	<u>0,126</u>	<u>0,178</u>	<u>0,232</u>	<u>0,282</u>	<u>0,298</u>
	0,0013	0,002	0,004	0,007	0,010	0,012
3	<u>0,090</u>	<u>0,1120</u>	<u>0,156</u>	<u>0,2000</u>	<u>0,2440</u>	<u>0,2570</u>
	0,001	0,0016	0,003	0,0053	0,0079	0,0087
4	<u>0,08100</u>	<u>0,1000</u>	<u>0,1380</u>	<u>0,175</u>	<u>0,214</u>	<u>0,2250</u>
	0,00087	0,0013	0,0025	0,004	0,006	0,0067

Локализация источника аварии играет решающую роль в предупреждении массового поражения людей. Быстрое осуществление этой задачи может направить аварийную ситуацию в контролируемое русло, уменьшить выброс СДЯВ и снизить ущерб.

УДК 613.2-022.232:504

Оптимизация питания населения, проживающего в условиях повышенного экологического риска

Студентка 4 курса факультета ТТЛП 4 группы Левчук Н.С.
 Научные руководители – Перетрухин В.В., Чернушев Г. А.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Целью настоящей работы является сохранение здоровья человека за счет правильного сочетания пищевых веществ в суточном рационе.

Авария на Чернобыльской АЭС привела к значительному радиоактивному загрязнению территории Беларуси открытыми источниками, постоянному хроническому облучению окружающей среды. Радиоактивный выброс состоял из 20% йода-131, 13% цезия-137, 10% цезия-134, 4% стронция-90 и др. Эти радионуклиды включаются в биологические циклы миграции и поступают непосредственно в организм животных и человека, тем самым создают множественность источников внешнего и внутреннего облучения населения [1].

Если в первые месяцы, годы после аварии, главная часть дозовой нагрузки для южных регионов Беларуси формировалась за счет внешнего облучения, то сейчас большую часть дозовой нагрузки население получает за счет потребления продуктов питания местного производства и даров природы со значительным содержанием в них радионуклидов [2]. В отличие от внешнего облучения опасность радионуклидов, попавших внутрь организма, обусловлена тем, то их действие продолжается в течение всего промежутка времени, пока радионуклиды не будут выведены из организма в результате физиологических обменных процессов и радиоактивного распада. Основным дозообразующим элементом является цезий-137.

Из-за экономических трудностей ни государство, ни жители Беларуси не могут обеспечить производство и потребление чистых продуктов питания, поэтому необходима системная работа по мерам

радиационной защиты. При осуществлении комплекса защитных мер следует учитывать, что главную дозовую нагрузку от воздействия радиации (по различным оценкам от 70 до 90%) жители загрязненных районов Беларуси получают за счет потребления продуктов питания произведенных в частном секторе и даров леса не прошедших промышленной переработки [3]. Дозы внешнего облучения работников лесного хозяйства в 2–3 раза выше по сравнению с остальным сельским населением, работниками других отраслей экономики республики [2].

Организм человека находится в тесной взаимосвязи с внешней средой, непрерывно взаимодействующей на центральную систему. Одним из важнейших факторов внешней среды является пища, которая переходит во внутреннюю среду организма и участвует во всех жизненных процессах. Важнейшей задачей рационального питания является правильное сочетание всех пищевых веществ в суточном рационе человека, притом, они должны быть введены в количествах, полностью покрывающих все траты организма как в количественном, так и в качественном отношении. Питательные вещества поступают в организм с пищей в виде: белка (мясо, рыба, яйца, молоко, грибы, орехи, бобовые, спаржа), углеводов (овощи, злаки, фрукты, ягоды), жиров, витаминов и микроэлементов.

Для ограничения внутреннего облучения населения в Беларуси установлены нормативы предельно допустимого содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания (РДУ–99).

При хроническом потреблении загрязненных цезием-137 продуктов питания расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле:

$$H_{\text{внутр}} = k \sum_i m_i \cdot A_{m_i},$$

где k – пересчетный коэффициент, равный $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк; m_i – годовое потребление i продукта питания, кг; A_{m_i} – удельная активность i продукта, Бк/кг.

В таблице представлена статистическая информация о годовом потреблении основных продуктов питания жителями Республики Беларусь за 2007 год и результаты расчетов их активности по содержанию цезия-137 соответствующая нормам РДУ–99 и возможная годовая доза внутреннего облучения при употреблении данного рациона [4].

Таблица - Потребление основных продуктов питания на душу населения в год, кг

Продукт	Годовое потребление, кг, л	РДУ–99, Бк/кг	Годовое поступление, Бк/год	Годовая доза, мЗв/год
Говядина	23	500	11500	0,14950
Свинина	23	180	4140	0,05382
Птица	24	180	4320	0,05619
Масло живот.	10	100	1000	0,01300
Творог	20	50	1000	0,01300
Сыр	20	50	1000	0,01300
Молоко	200	100	20000	0,26000
Яйцо	(275 шт) 13,7	50	685	0,00890
Рыба	17,5	180	3150	0,04095
Сахар	34,2	60	2052	0,02667
Раст. масло	15,7	40	628	0,00816
Картофель	188	80	15040	0,19552
Овощи	138	100	13800	0,17940
Фрукты	40	40	1600	0,02080
Ягоды	18	70	1260	0,01638
Хлеб, крупы	92	40	3680	0,04784
Вода	365	10	3650	0,04746
Рацион			88505	1,15056

Из данных табл. видно, что если население употребит в течение года этот пищевой рацион, то суммарная доза внутреннего облучения составит около 1 мЗв. Суммарная годовая доза внутреннего облучения приобретает значение 1 мЗв/год при 70% вкладе четырех ее составляющих (говядина, молоко, картофель и овощи), следовательно, по этим компонентам пищевого рациона следует уменьшить допустимые уровни загрязнения.

Любая дополнительная доза радиации, сверх естественного радиационного фона, не является безопасной для человека и требует обязательного принятия мер по ее снижению.

Получаемую дополнительную дозу радиации можно снизить путем выведения радионуклидов из продуктов питания с помощью их кулинарной обработки и переработки овощей и фруктов (квашение, маринование). Для уменьшения внутреннего облучения и разрушающего действия радиации необходимо проводить ускоренное выведение радионуклидов из организма с помощью специальных препаратов – энтеросорбентов. Этим требованиям отвечают пищевые волокна, которые являются неусвояемыми углеводами, клетчаткой растительного происхождения, в частности, пектины. В Республике Беларусь

выпускаются пектино-витаминные пищевые добавки «Витапект» и «Витапект-2» прием которых, ускоряет выведение радионуклидов из организма человека.

Литература

1. ЛЕС. ЧЕЛОВЕК. ЧЕРНОБЫЛЬ. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. В. А. Ипатьев, В. Ф. Багинский, И. М. Булавик и др. Под ред. В. А. Ипатьева. – Гомель: ИЛ НАН, 1999. –454 с.
2. Байрашевская, Д. А. Формирование дозы внутреннего облучения населения, употребляющего продукты загрязненных лесных экосистем. – Минск, МГЭУ, 2005. –330 с.
3. Как оставаться молодым / Под ред. Н. Ярошенко – Санкт-Петербург, «Техническая книга», 2001. –534 с.
4. Статистический ежегодник Республики Беларусь. – Минск. Главный вычислительный центр, 2008. –760с.

УДК 621.1

Оценка условий труда начальника смены электростанции

Студенты гр. 106515 Шишпар С.Г., гр.106525 Билиба Ю.Э., гр. 106625 Васильев Е.Д.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Начальник смены электростанции относится к группе руководящего оперативного персонала, поэтому фактический баланс рабочего времени его включает организационное обслуживание (5 % времени смены) и оперативное время, которое предусматривает контроль за работой оперативного персонала и оборудования, как по показаниям КИП и приборов автоматики на главном щите управления, так и личным осмотром работающего оборудования во время обхода.

Фактический баланс оперативного времени при работе начальника смены электростанции в КТЦ Оршанской ТЭЦ представлен в таблице.

Точки обслуживания	Процент времени смены
1. Главный щит управления	75,0
2. Котельное отделение:	
- мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	5,0
- отметка обслуживания барабана котла (отметка 18 м)	2,5
- нулевая отметка	2,5
3. Турбинное отделение:	
- отметка 4,5 м	5,0
- нулевая отметка	2,5
4. Мазутонасосная	2,5

Содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³ дано в таблице

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	C _n H _m (ПДК = 300 мг/м ³)	Масла минеральные (ПДК = 5 мг/м ³)
1. Главный щит управления	1,02	0,9	10,0	36	-
2. Котельное отделение:					
- мазутный, газовый и питательный узлы	1,6	1,4	15,8	70	-
- отметка обслуживания барабана котла	4,2	1,8	21,2	65,0	-
- нулевая отметка	0,8	0,7	8,6	30,0	-
3. Турбинное отделение:					
- отметка 4,5 м	0,6	0,52	8,3	-	2,2
- нулевая отметка	0,68	0,6	9,4	-	2,6
4. Мазутонасосная	-	-	-	30,0	7,9

Параметры шума и температура воздуха на местах замера даны в таблице.

Место замера	Параметры шума		Температура, °С	
	Нормативное значение (ПДУ),	Фактическая величина, дБА	Нормативное значение	Фактическая величина

	дБА			
1. Главный щит управления	65	70	21...25	29,8
2. Котельное отделение:				
- мазутный, газовый и питательный узлы	80	88	17...25	23,2
- отметка обслуживания барабана котла	80	85	17...25	50
- нулевая отметка	80	82	17...25	21
3. Турбинное отделение:				
- отметка 4,5 м у КРУ – 6 кВ	80	87	17...25	22
- нулевая отметка	80	90	17...25	24
4. Мазутонасосная	80	96	17...25	39

Анализ приведенных данных показывает, что работа начальника смены электростанции выполняется при постоянном присутствии в воздухе рабочей зоны вредных химических веществ, при уровне шума, постоянно превышающем предельно допустимые параметры, при температуре, превышающей допустимые значения большую часть времени смены. Кроме того, его работа выполняется с регулярно чередующейся ночной сменой (при 3-х сменной работе) в условиях постоянного нервно-эмоционального напряжения, связанного с потенциальным риском аварийных ситуаций.

УДК 621.181

Оценка условий труда машиниста котлов на Оршанской ТЭЦ

Студенты гр. 106515 Камошина М.А., Муслина Д.Б., Новик Е.А., Юркевич Е.В.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Функции машиниста котлов заключаются в контроле за работающим оборудованием по показаниям КИП и приборов автоматики, опробовании работоспособности предохранительных клапанов, осмотре оборудования, оценке его состояния и своевременном выявлении дефектов и нарушений в работе оборудования во время регулярных обходов.

Машинист котлов относится к оперативному дежурному персоналу, обслуживающему оборудование в соответствии с утвержденным графиком дежурств при 3-х сменной работе с регулярно чередующейся ночной сменой.

Его работа начинается с приема смены от предыдущего дежурного и заканчивается сдачей смены следующему по графику дежурному, а фактический баланс оперативного времени при работе машиниста котлов представлен в таблице.

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
Центральный щит управления	75,0
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	7,5
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	7,5
Нулевая отметка	5,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³ дана в таблице:

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	C _n H _m (ПДК = 300 мг/м ³)
Центральный щит управления	1,0	0,9	10,0	36,0
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	1,6	1,4	15,8	70,0
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	4,2	1,8	21,2	65,0
Нулевая отметка	0,8	0,7	8,6	30,0

Уровни шума, создаваемые в точках обслуживания котла, приведены в таблице.

Место замера	Нормативное значение (ПДУ), дБА	Фактическая величина, дБА
Центральный щит управления	65	66
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	80	88
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	80	84
Нулевая отметка	80	81

Параметры микроклимата приведены в таблице.

Место замера	Температура, °С		Относительная влажность, %	
	Нормативное значение	Фактическая величина	Нормативное значение	Фактическая величина
Центральный щит управления	21...25	29,8	не более 75	30
Мазутный, газовый и питательный узлы (отметка 6,6 м)	17...25	23,2	не более 75	39
Отметка обслуживания барабана котла (отметка 18,0 м)	17...25	50,0	не более 75	18
Нулевая отметка	17...25	21,0	не более 75	46

Таким образом, работа машиниста котлов выполняется в потенциально жизне- и травмоопасных условиях с возможностью аварийных ситуаций и риском для здоровья (с сосудами под давлением и вредными химическими веществами), в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда (при повышенном уровне шума, высокой температуре и низкой относительной влажности), при регулярно чередующейся трехсменной работе с ночной сменой.

УДК 621.165

Режим работы старшего машиниста турбинного отделения и загазованность воздушной среды в зонах обслуживания

Студенты гр. 106415 Спивак О.В., гр. 106425 Жавино К.В., Липский Е.А.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Нами произведена оценка режима работы старшего машиниста турбинного оборудования и загазованности воздушной среды в зонах обслуживания оборудования в котлотурбинном цехе Оршанской ТЭЦ.

Старший машинист турбинного отделения относится к оперативному дежурному персоналу, обслуживающему производственные участки в соответствии с утвержденным 3-х сменным графиком дежурств, поэтому прежде всего, приступая к работе, каждый дежурный должен принять смену от предыдущего дежурного, а после окончания работы сдать смену следующему по графику дежурному.

При приемке смены дежурный должен:

- ознакомиться с состоянием, схемой и режимом работы оборудования, находящегося в его оперативном управлении в объеме, определяемом соответствующими инструкциями;
- получить сведения от сдающего смену об оборудовании, за которым необходимо вести особо тщательное наблюдение для предупреждения нарушений в работе, и об оборудовании, находящемся в ремонте;
- выяснить, какие работы выполняются по нарядам и распоряжением;
- проверить и принять инструкции, ключи от помещений, оперативную документацию и документацию рабочего места;
- ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее со своего предыдущего дежурства;
- доложить начальнику смены о вступлении в дежурство и недостатках, выявленных при приемке смены;

- оформить приемку-сдачу смены записью в журнале, заверив своей подписью и подписью сдающего смену.

В течение смены он должен по утвержденным графикам осуществлять контроль за работающим оборудованием, производить опробование, профилактические осмотры оборудования, контролировать показания КИП, приборов автоматики, а при нарушениях режима работы оборудования немедленно принять меры к восстановлению нормального режима работы или ликвидации аварийного положения и предотвращению аварии, а также сообщить о происшедшем начальнику смены или начальнику котлотурбинного цеха.

Фактический баланс рабочего времени старшего машиниста турбинного отделения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Фактический баланс рабочего времени старшего машиниста турбинного отделения

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
1. Главный щит управления	30,0
2. На отметке 4,5 м:	
- у турбины, у рабочего стола	30,0
- у бойлеров	2,5
- у подогревателей высокого давления	2,5
3. На нулевой отметке:	
- у сетевых насосов, подогревателей, питательных насосов ПЭН	12,5
- у масло- и воздухоохладителей	5,0
4. На отметке 11,0 м на площадке обслуживания деаэраторов	7,5
5. На отметке 14,5 м на площадке обслуживания РОУ-2 и РОУ-3	5,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	CO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	SO (ПДК = 20 мг/м ³)	CnHm (ПДК = 300 мг/м ³)	Масла минеральные (ПДК = 5 мг/м ³)
1. Главный щит управления	1,02	0,9	10,0	36	-
2. На отметке 4,5 м	0,6	0,52	8,3	-	2,2
3. На нулевой отметке	0,68	0,6	9,4	-	2,6
4. На отметке 11,0 м	0,9	0,8	13,8	-	-
5. На отметке 14,5 м	0,95	0,82	12,4	-	-

Анализ состояния воздушной среды в зонах обслуживания показывает, что работа старшего машиниста турбинного отделения выполняется во вредных условиях при постоянном присутствии в воздухе рабочей зоны оксидов азота, углерода, сернистого ангидрида, углеводов, минеральных масел.

Учитывая, что воздействие вредных веществ на человека в условиях интенсивного шума (на отметке 4,5 м, на нулевой отметке, на отметке 14,5 м уровень шума составляет от 87 до 102 дБА при ПДУ = 80 дБА) и высоких температур (на главном щите управления, на отметках 4,5 м, 11,0 м и 14,5 м она составляет от 29,4 °С до 40,8 °С) усиливается, эта работа может приводить к серьезным нарушениям в работе отдельных органов или организма человека в целом.

Кроме того, работа старшего машиниста турбинного отделения характеризуется напряженностью внимания (число объектов одновременного наблюдения более 10) и нервно-эмоциональным напряжением, связанным с высоким чувством ответственности за бесперебойную, безаварийную работу контролируемого им оборудования.

УДК 621.165

Оценка условий труда старшего машиниста турбинного отделения

Студенты гр. 106425 Бурий Ю.Э., Коленковский С.О., Гранчак Н.В.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Баланс рабочего времени старшего машиниста турбинного отделения КТЦ Оршанской ТЭЦ включает: организационное обслуживание (допуск по наряду, прием и сдачу смены) – 5 % времени смены и оперативное время (контроль за работающим оборудованием) при нахождении:

- на главном щите управления – 25 % времени смены;
 - на отметке 4,5 м у турбины, у рабочего стола, у бойлеров, у подогревателей высокого давления – 35 % времени смены;
 - на нулевой отметке у подогревателей, питательных насосов, масло- и воздухоохладителей – 17,5 % времени смены;
 - на отметке 11,0 м на площадке обслуживания деаэраторов – 7,5 % времени смены;
 - на отметке 14,5 м на площадке обслуживания РОУ – 5 % времени смены.
- Уровни шума в различных точках рабочей зоны составили.

Место замера	Параметры шума	
	Нормативное значение (ПДУ), дБА	Фактическая величина, дБА
1. Главный щит управления	65	67
2. На отметке 4,5 м		
- у рабочего стола	80	90
- у турбины	80	95
- у бойлеров	80	87
- у подогревателей высокого давления	80	88
3. На нулевой отметке:		
- у питательных насосов	80	91
- у генераторов возле воздухоохладителей	80	90
4. На отметке 11,0 м:		
- на площадке обслуживания деаэраторов	80	84
5. На отметке 14,5 м:		
- на площадке обслуживания РОУ-2 и РОУ-3	80	101

Температура воздуха в рабочей зоне приведена в таблице.

Место замера	Нормативное значение, °С	Фактическая величина, °С
1. Главный щит управления	20...25	29,8
2. На отметке 4,5 м		
- у рабочего стола	17...25	29,4
- у турбины	17...25	23,8
- у бойлеров	17...25	22,0
- у подогревателей высокого давления	17...25	23,2
3. На нулевой отметке:		
- у питательных насосов	17...25	24,0
- у генераторов возле воздухоохладителей	17...25	25,0
4. На отметке 11,0 м:		
- на площадке обслуживания деаэраторов	17...25	31,0
5. На отметке 14,5 м:		
- на площадке обслуживания РОУ-2 и РОУ-3	17...25	40,8

Интенсивность инфракрасного (теплого) излучения у блока регулирования нагрузки на турбину на отметке 4,5 м составила от 350 до 490 Вт/м² (допустимая величина – 100 Вт/м²).

Анализ состояния воздуха рабочей зоны показывает, что работа старшего машиниста турбинного оборудования на всех отметках происходит при постоянном присутствии в рабочей зоне оксидов азота, углерода и сернистого ангидрида.

Таким образом, работа старшего машиниста турбинного отделения выполняется в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда (при повышенном уровне шума, высокой температуре, инфракрасном излучении, наличии вредных веществ в воздухе рабочей зоны) при регулярно чередующейся 3-х сменной работе (с ночной сменой) и связана с высоким нервно-эмоциональным напряжением, вызываемом риском возможных аварийных ситуаций.

Студенты гр. 106525 Сандова Г.А., Флоризяк Е.В.
 Научный руководитель – Винерский С.Н.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Нами произведена оценка режима работы и условий труда машиниста котлов в котлотурбинном цехе БелГРЭС.

Фотография рабочего дня машиниста котлов включает организационное обслуживание (прием и сдачу смены) и оперативное время (контроль за работающим оборудованием по показаниям КИП и приборов безопасности, проверку работоспособности предохранительных клапанов и осмотр оборудования во время регулярных обходов).

Фактический баланс оперативного времени при работе машиниста котлов представлен в таблице.

Рабочая зона (точки обслуживания)	Процент времени смены
Тепловой щит управления (отметка 4,75 м)	70,8
Площадка обслуживания форсунок (отметка 6,75 м)	10,0
Площадка у барабана котла	5,0
Дымососная площадка	5,0
Зольная (нулевая отметка)	5,0

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³ дана в таблице:

Место замера	NO ₂ (ПДК = 2 мг/м ³)	SO ₂ (ПДК = 10 мг/м ³)	CO (ПДК = 20 мг/м ³)	C _n H _m (ПДК = 300 мг/м ³)
Тепловой щит управления (отметка 4,75 м)	1,15	1,05	10,7	38,6
Площадка у форсунок	1,41	1,21	13,9	50,6
Площадка у барабана котла	1,65	1,5	16,9	68,8
Дымососная площадка	3,94	1,7	24,5	80,8
Зольная	0,7	0,65	6,8	25,2

Анализ состояния воздушной среды в зонах обслуживания показывает, что работа машиниста котлов выполняется во вредных условиях при постоянном присутствии в воздухе рабочей зоны оксидов азота и углерода, сернистого ангидрида, углеводородов, причем на дымососной площадке отмечено превышение ПДК для оксида углерода в 1,2 раза, а для диоксида азота в 1,97 раза.

Параметры шума, создаваемые в точках обслуживания, составили:

- у пульты машиниста котлов (у теплового щита управления) – 79 дБА (ПДУ = 65 дБА);
- на площадке у форсунок – 85 дБА (ПДУ = 80 дБА);
- на дымососной площадке – 88 дБА (ПДУ = 80 дБА);
- у барабана котла – 90 дБА (ПДУ = 80 дБА).

Температура воздуха в рабочей зоне составила:

- у пульты машиниста котлов (у теплового щита управления) – 24,2 °С (при t_{доп} = 21...25 °С);
- на площадке у форсунок – 32,2 °С (при t_{доп} = 17...25 °С);
- на дымососной площадке – 42,0 °С (при t_{доп} = 17...25 °С).

Интенсивность инфракрасного излучения на отметке обслуживания барабана котла была в пределах от 200 до 350 Вт/м² (нормативное значение равно 100 Вт/м²).

Учитывая, что воздействие вредных веществ на организм человека в условиях интенсивного шума (он везде превышает ПДУ) и высоких температур усиливается, эта работа вызывает серьезные нарушения в функционировании отдельных органов и организма человека в целом, что подтверждает потенциально жизне- и травмоопасные условия работы машиниста котлов.

Роль таможенной службы в выявлении и пресечении административных таможенных правонарушений

Студент ФТУГ Демещик К.А.,
Научный руководитель – Бровка Г.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Важнейшая роль в деле обеспечения экономических интересов Республики Беларусь, поддержании внешнеэкономической политики принадлежит **таможенной службе** - одному из базовых институтов экономики. Значительное место в деятельности таможенных органов занимает правоохранительная функция, основу которой составляет **борьба с таможенными преступлениями**.

В настоящее время преступления в сфере таможенного дела являются одним из распространенных видов преступной деятельности, наносящих существенный ущерб национальной, в том числе и экономической безопасности Республики Беларусь.

В 2008 году особое внимание было сконцентрировано на выполнении поручения Главы государства об обеспечении повышения качества оперативно-розыскной деятельности. Немного статистики.

Так, в результате проведения операций таможенного контроля, специальных и оперативно-розыскных мероприятий таможенными органами выявлено в истекшем году 15706 нарушений таможенного законодательства. Для сравнения, в 2007 году - 15022.

В 2008 году по сравнению с 2007 годом стоимость товаров, изъятых и арестованных по делам о таможенных правонарушениях возросла на 40% и в сумме составила 87,7 млрд.рублей.

Данный перечень можно перечислять долго. Тенденция одна. По сравнению с 2007 годом, в 2008 году **количество таможенных правонарушений возросло**. То ли таможенные органы стали работать оперативнее, то ли растёт количество нарушений в сфере таможенного законодательства?

Очевидно, что в сложившейся ситуации необходимо тесное взаимодействие правоохранительных подразделений таможенных органов с иными правоохранительными и контролирующими органами.

Качественному повышению эффективности межведомственного сотрудничества способствовала реализация мероприятий, предусмотренных Планом совместных действий ГТК, МВД, КГБ, МНС, КГК и ГПК по борьбе с контрабандой и преступностью в сфере внешнеэкономической деятельности на 2007-2008 годы.

Так, результатом исполнения данного Плана в 2008 году стало выявление в ходе совместных мероприятий 131 нарушения таможенного законодательства, стоимость изъятых при этом товаров составила 5,3 млрд. рублей. Для сравнения, в 2007 г. - выявлено 100 нарушений таможенного законодательства, стоимость изъятых товаров - 4,5 млрд. рублей.

Всего несколько цифр, а статистика роста таможенных правонарушений впечатляет. Временной отрезок всего в год, а как выросли показатели? В любом деле как известно две стороны медали. Одна сторона медали – блестящая деятельность таможенных правоохранительных органов в союзе с другими межведомственными органами. Вторая сторона медали? Проанализируем.

Должностными лицами таможенных органов ежегодно составляется большое количество протоколов об административных правонарушениях. Не секрет, что при этом ими допускаются различные ошибки. Данные ошибки приводят не только к неправильной квалификации деяний, но иногда и к необоснованному привлечению, например, граждан к административной ответственности.

Одной из причин несоблюдения законности является **незнание или недостаточное знание** самими гражданами, индивидуальными предпринимателями, представителями юридических лиц норм административно-деликтного материального и процессуального законодательства, регулирующего их права и обязанности. Проще говоря, недостаточная правовая культура.

Необходимо отметить, что Таможенный кодекс Республики Беларусь далеко не единственный нормативно-правовой акт, регулирующий отношения в области таможенного дела. Существует ряд правовых актов, издаваемых Президентом, Советом Министров и Государственным таможенным комитетом. **Возникают разночтения**.

В заключении хочу отметить, что весьма важно, что бы таможенная политика страны была направлена на соблюдение интересов как самого государства, так и его населения. Данной гармонии можно достичь благодаря:

- воспитанию правовой культуры населения благодаря изучению действующего законодательства;
- устранению разночтений в действующем таможенном законодательстве.

Химические технологии

Новые материалы для дорожной разметки

Студент гр. 104137 Лигатко Л.А.
Научный руководитель – Яглов В.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рациональная разметка дорог является эффективным средством повышения скорости, а также удобства и безопасности движения. Материалы, используемые для разметки проезжей части дороги, должны обеспечивать хорошую адгезию к асфальтовому покрытию, хорошую видимость разметки при любых погодных условиях, обладать необходимой износостойкостью, иметь достаточную шероховатость, стойкость к атмосферным осадкам и антигололедным средствам, обладать масло- и бензостойкостью и, наконец, быть технологичными при нанесении на поверхность дороги.

Для этих целей применяют различные дорожные разметочные материалы, среди которых следует отметить краски, термопластики, холодные пластики и световозвращающие материалы. Вместе с тем во многих странах ведется разработка новых более эффективных технологий нанесения разметки на дорожные покрытия и создание новых дорожных маркировочных материалов с улучшенными качествами.

Как отмечалось, ранее одно из основных требований к разметочным материалам гласит – разметка должна быть хорошо видна в любое время суток и в любую погоду.

Предлагается обратить внимание на один из перспективных способов повышения качества оптических свойств разметочных материалов, применения которого позволяет сделать разметку более четкой, яркой и видимой на достаточно больших расстояниях. Такие материалы могут быть получены путем применения люминофоров, флуоресцирующих пигментов и красок и использование технологий, повышающих световозвращающий эффект.

Особой эффективностью обладают фосфоресцирующие краски, содержащие неорганические или органические люминофоры.

Эффективными неорганическими люминофорами могут служить люминофоры, получаемые Ставропольским научно-производственным объединением «Люминофор» (Россия) марок ФК-5 – ФК-9, которые по своему составу представляют сульфиды цинка-кадмия, активированные медью или серебром, а также люминофоры с длительным послесвечением, получаемые ООО «Кронвер» г. Фрязино (Россия), которые по своему составу представляют алюминаты стронция, активированные европием и диспрозием. Кроме того, одной из российских фирм разработана люминофорная краска ХВ-589 на базе неорганического фосфора.

В качестве органических люминофоров могут быть использованы кумарины, родамины, производные антрацена и другие соединения. Краски, приготовленные на основе вышеуказанных люминофоров, обладают яркой флуоресценцией в видимой области спектра (400 – 690 нм) с выходом свечения 0,8 – 0,96, и могут быть использованы для разметки автомобильных дорог и изготовления дорожных знаков.

Влияние температуры на эффективность экстракции соединений РЗЭ из азотнокислых растворов

Студент гр. 104117 Нестеренко В.А.
Научный руководитель – Слепнева Л.М.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Практически все существующие производства редкоземельных элементов, как известно, независимо от типа сырья и характера растворов после его разложения используют жидкостную экстракцию для получения концентратов и индивидуальных соединений РЗЭ. В качестве экстрагентов применяли нейтральные фосфорорганические экстрагенты: трибутилфосфат (ТБФ), диизооктилметилфосфонат (ДиОМФ), изоамилдиптилфосфиноксид (ФОР), обладающие значительной емкостью и селективностью при извлечении РЗЭ из растворов сложного солевого состава.

В настоящей работе исследовано влияние температуры на эффективность экстракции соединений РЗЭ из азотнокислых растворов.

Характер температурной зависимости коэффициентов распределения РЗЭ может быть обусловлен различными факторами – температурным изменением значений констант равновесия реакции экстрагирования и других процессов, протекающих в каждой из фаз, а также влиянием температуры на значения коэффициентов активности ионов в растворах. Поэтому для выяснения действительных причин, вызывающих изменение коэффициента распределения РЗЭ, была исследована температурная зависимость экстракционного процесса, что дало возможность проследить изменение эффективности изученных

экстракционных процессов в зависимости от условий экстракции и от состава и строения нейтральных фосфорорганических экстрагентов и имело большое значение для их правильного выбора. Установлено, что ход изотерм распределения нитратов РЗЭ без высаливателя при экстракции ТБФ, ФОР, ДИОМФ одинаков при различных температурах и характерен для экстракции ионов металлов по сольватному механизму. Повышение температуры приводит к некоторому снижению равновесной концентрации РЗЭ в органической фазе и соответственно коэффициента распределения. При повышении концентрации РЗЭ в водной фазе различия в величинах концентраций РЗЭ в экстракте при разных температурах уменьшаются, а в области насыщения концентрация РЗЭ в органической фазе (емкость экстрагента) не зависит от температуры - все кривые сливаются в одну. Температурная зависимость распределения РЗЭ при экстракции ФОР, ДИОМФ и ТБФ подобна. Коэффициенты распределения РЗЭ при использовании ДИОМФ и ФОР существенно выше, чем для ТБФ во всем исследованном температурном интервале.

При экстракции лантаноидов повышение концентрации азотной кислоты приводит к значительному снижению коэффициента распределения РЗЭ за счет конкурирующей экстракции азотной кислоты и снижения свободной концентрации экстрагента. Повышение концентрации азотной кислоты в растворе приводит к уменьшению температурной зависимости коэффициента распределения РЗЭ и влияние температуры тем меньше, чем больше степень насыщения экстрагента. При любой температуре коэффициент распределения является функцией концентрации кислоты в водной фазе и проходит через максимум, но этот максимум тем меньше, чем выше температура. Ход зависимости коэффициента распределения РЗЭ от температуры объясняется зависимостью от нее констант равновесия реакций экстрагирования и других реакций, протекающих в водной и органической фазах.

УДК 666.01

Синтез и исследование стекол для рабочей части рН метрических электродов

Студентка 5 курса, гр. 8 Кищук Е.В.

Научный руководитель – Бобкова Н.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В последнее время в стекольной отрасли большое внимание уделяется разработке новых составов электродных стекол, устойчивых к щелочным средам с рН более 14. Такие стекла используются для изготовления рабочей части стеклянных электродов для рН метрических приборов. Используемые в настоящее время составы характеризуются высокой стоимостью (за счет введения Cs_2O) и недостаточной устойчивостью в высокощелочных средах, что приводит к быстрой потере их электродных свойств.

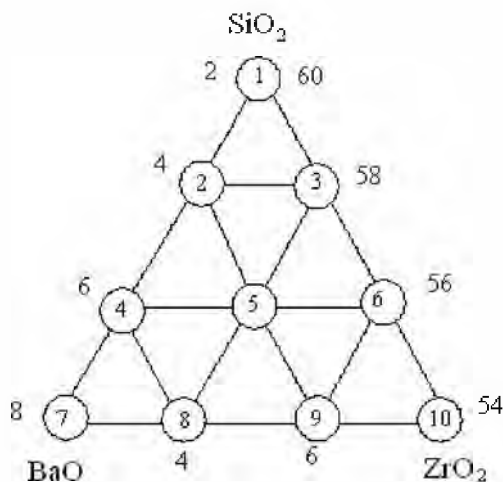


Рисунок 1– Область составов исследуемых стекол

Настоящая работа посвящена синтезу и исследованию новых составов электродных стекол на основе $\text{SiO}_2\text{-BaO-ZrO}_2$ стеклообразующей системы (рис.1), модифицированной оксидами La_2O_3 , Li_2O , K_2O и TiO_2 (Σ 34 %), способных длительное время устойчиво работать в щелочных средах с рН более 14. Одним из важных критериев при оптимизации составов электродных стекол является устойчивость их стеклообразного состояния в интервале температур формования и спаивания с корпусной частью электрода. Изучение кристаллизационной способности экспериментальных стекол позволило установить, что большинство из них характеризуются высокой устойчивостью стеклообразного состояния.

Синтез экспериментальных стекол осуществлялся в корундизовых тиглях в газовой печи с выдержкой при максимальной температуре 1350 °С. Для интенсификации процесса стекловарения поддерживались окислительные условия варки. Визуальная оценка синтезируемых стекол позволяет сделать заключение, что при выбранных условиях синтеза все исследуемые стекла хорошо проварены и осветлены.

Успешное использование разработанных составов стекол в качестве рабочей части стеклянного электрода определяется совокупностью их физико-технических свойств, в частности значениями ТКЛР, щелочестойкости и электрическими свойствами.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) является одним из важнейших эксплуатационных свойств электродных стекол при спаивании с корпусным стеклом. Для экспериментальных стекол данный показатель изменяется в пределах $(98,0-105,0) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Сопоставительный анализ значений ТКЛР корпусного стекла $(92,0-98,0) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ и синтезированных стекол показал, что большинство из них отвечает требованиям по согласованности термического расширения (разница не превышает 10 %). Согласно международной классификации DIN 12122 по щелочестойкости разработанные составы стекол относятся к 1 классу. Потери массы при кипячении в течение 3 часов в растворе $1\text{н NaOH}+1\text{н Na}_2\text{CO}_3$ составляет 14,2–18,3 г/дм², что обеспечит длительность работы электрода. Удельное электрическое сопротивление разработанных стекол составляет более $10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Таким образом, большинство разработанных составов стекол характеризуются высокой щелочестойкостью при необходимом уровне значений ТКЛР и электрического сопротивления и могут быть использованы для изготовления рабочей части стеклянных электродов для рН метрических приборов.

УДК 676.024.74

Влияние композиционного состава мешочной бумаги на ее свойства

Студент факультета ТОВ, 5 группы Куис Е.А.

Научный руководитель – Жолнерович Н.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Изготовленные из мешочной бумаги многослойные мешки в настоящее время находят широкое применение в пищевой промышленности (для упаковки муки, сахара и других сыпучих продуктов), в производстве строительных материалов (упаковка цемента, гипса), в химической промышленности (упаковка извести, мела и других химических продуктов), а также в производстве минеральных удобрений и др. Отсюда понятно, что требования, предъявляемые к мешочной бумаге, должны учитывать весьма разнообразные условия изготовления и эксплуатации бумажных мешков. Однако создать универсальный вид бумаги, удовлетворяющий всех потребителей, практически невозможно, да и нецелесообразно. Достижение определенных требований возможно путем комбинирования нескольких видов мешочной бумаги в виде многослойного мешка [1].

Возрастающий интерес к данному виду продукции обусловлен преимуществами бумажной упаковки по сравнению с другими видами упаковочных материалов. К основным из них относятся простота утилизации отработанной упаковки, возможность переработки и использования отработанного упаковочного материала в качестве вторичных ресурсов. Это обуславливает необходимость проводимых исследований с практической точки зрения, которые направлены на повышение конкурентно способности мешочной бумаги на мировом рынке упаковки.

Традиционно мешочная бумага изготавливается из небеленой сульфатной хвойной целлюлозы с добавлением в композицию проклеивающих материалов и упрочняющих добавок. Однако технология ее получения постоянно совершенствуется например, путем перевода процесса проклейки в область нейтральных значений рН, использованием новых упрочняющих добавок, нанесением поверхностного покрытия (приданием паро-, водо-, газонепроницаемости, ламинированием полиэтиленом) и др. Кроме этого возможна замена в композиции данного вида продукции волокнистых полуфабрикатов на более дешевые, например бисульфитную целлюлозу. Мнения ученых неоднозначны по данному вопросу. Например, одни считают, что применение данного вида волокнистых полуфабрикатов нецелесообразно для указанного вида бумаги в связи со снижением величины ударных нагрузок материалом вследствие высокой жесткости данного волокнистого полуфабриката. Однако данный вопрос остался открытым и требует проведения дальнейших исследований.

Целью настоящей работы являлось определение композиционного состава мешочной бумаги, содержащей в своей композиции бисульфитную целлюлозу.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях были изготовлены и испытаны образцы мешочной бумаги массой 70 г/м² с различным композиционным составом по волокну. Для исследований использована целлюлоза бисульфитная производства ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат» и макулатура. Композиционный состав варьировался от 0 до 100% целлюлозы и от 100 до 0% макулатуры. Шаг изменения расхода волокнистого полуфабриката в композиции был

равен 20%. Кроме этого, в композицию бумаги для придания ей гидрофобных свойств и влагопрочности вводили синтетическое проклеивающее вещество на основе алкилкетен димеров в количестве 0,5% от а.с.в. и влагопрочную смолу в количестве 0,8% от а.с.в. Расход указанных химикатов был постоянным во всех опытах. Изготовление образцов мешочной бумаги осуществляли в соответствии со стандартной методикой.

Важно отметить, что оценки прочностных характеристик, которыми традиционно характеризуют качество бумаги, для мешочной бумаги недостаточно, т.к. условия эксплуатации данного вида продукции предполагают динамические нагрузки. В итоге проведенных в разных странах экспериментальных работ, исследователи пришли к единодушному выводу, что четкой зависимости между прочностью мешков и физико-механическими свойствами бумаги не существует [2, 3]. Это вызвано различиями в условиях приложения нагрузки, конструктивными особенностями мешков и свойствами затаренного продукта. В связи с этим в качестве критериев оценки качества полученных образцов бумаги нами были выбраны такие показатели как поглощение энергии при разрыве, Дж/м², разрывная длина, м, жесткость при разрыве, кН/м и модуль Юнга, ГПа.

На основании полученных экспериментальных данных были получены адекватные математические модели, описывающие влияние расходных и режимных параметров изготовления мешочной бумаги на ее свойства.

Сравнительная оценка полученных результатов влияния композиционного состава по волокну на свойства образцов мешочной бумаги показала, что при увеличении содержания в композиции целлюлозного волокна и одновременном снижении доли макулатуры разрывная длина образцов бумаги увеличивается. При этом, если не принимать во внимание изменение остальных показателей, то можно говорить о том, что наиболее целесообразно изготавливать мешочную бумагу из 100% целлюлозы. Однако, одновременная оценка качества данного вида продукции по показателям динамической прочности (жесткость при разрыве, модуль Юнга и поглощение энергии при разрыве) позволяет выявить совершенно иную картину. Во-первых, при увеличении в композиции образцов доли бисульфитной целлюлозы от 0 до 100% приводит к монотонному возрастанию жесткости при разрыве и модуля Юнга на значительную величину от 460,3 до 753,9 кН/м и от 3,069 до 5,026 ГПа соответственно. А это уже является негативным фактором, который отражается на эластичности бумаги. Следовательно, бумагу мешочную нецелесообразно изготавливать из 100% бисульфитной целлюлозы, т. к. она будет обладать низкой динамической прочностью.

Если при этом проанализировать изменение поглощения энергии при разрыве образцов бумаги, то видно, что при увеличении доли целлюлозы в композиции бумаги от 0 до 60% данный показатель возрастает от 33,6 до 56, Дж/м², при повышении доли целлюлозы и соответственно снижении доли макулатуры наблюдается падение данного показателя. Это говорит о падении динамической прочности образцов.

Таким образом, сравнительный анализ полученных данных показал, что при содержании в композиции целлюлозы 40–60% и макулатуры 60–40% значение разрывной длины, жесткости при разрыве и модуля Юнга находятся в допустимых пределах, а поглощение энергии при разрыве достигает максимальных значений. Поэтому изготовление мешочной бумаги возможно из бисульфитной целлюлозы при содержании ее в композиции бумаги в количестве 40–60% в сочетании с соответствующим количеством макулатурного сырья.

Литература

1. Андреев Б. По данным 2005 года // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2006. – № 2. – С. 26–27.
2. Сушкова Н. Д. Бумажные мешки. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 168 с.
3. Фляте Д. М. Свойства бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 648 с.

УДК 543.272.8

Обработка методики и определение содержания хрома в образцах различных сталей

Студент гр. 104517 Капуста Д.О.

Научный руководитель – Беляцкий В.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Известно, что соединения хрома широко применяют для легирования сплавов. К коррозионно-стойким сталям относят хромистые, хромоникелевые, хромо-марганцевоникелевые, хромомарганцевые. Хромистые стали, содержащие 13%Cr, при комнатной температуре устойчивы на воздухе в слабых растворах кислот и растворах солей (кроме хлоридов). Стали с содержанием 17-20%Cr устойчивы в 65%HNO₃ до 50°C, с содержанием 15-28%Cr - в горячих концентрированных растворах щелочей. Хромистые стали с низким содержанием углерода (C≤0,01%) обладают высокой стойкостью против всех видов коррозии в горячих растворах хлоридов. Специфические свойства силицидов хрома используют для

раскисления сталей. Поэтому проведение анализа на содержание хрома в образцах сталей является, несомненно, актуальной задачей.

Целью работы являлось определение содержания хрома в образцах различных материалов.

Для определения содержания хрома подходят многие методы как разрушающего, так и неразрушающего контроля. Методы, основанные на растворении образца в растворах кислот с последующим количественным анализом образовавшихся катионов обладают высокой точностью, экспрессностью, воспроизводимостью, а также требуют сравнительно недорогого оборудования при проведении анализов. При растворении в кислоте образца стали хром переходит в раствор в виде катионов Cr^{+3} , который может быть проанализирован непосредственно, однако для целей химического анализа наиболее подходящим является перевод в шестивалентное состояние с его последующим анализом либо титриметрическим, либо фотометрическим методами, что обеспечивает более высокую точность.

Нами был разработан метод растворения образца стали в соляной кислоте, перевод полученного катиона хрома в хромат-ион в щелочной среде с последующим фотометрированием полученного раствора при $\lambda=364\text{нм}$. Выбор условий проводился с целью повышения скорости проведения анализа при сохранении высокой точности данных.

Суть разработанной методики состояла в следующем. Сразу проводилось растворение образцов стали и перевод хрома в раствор. Для этого навеска стали (~0,05грамм) взвешивалась с точностью до 0,1 мг и растворялась в 5мл $\text{HCl}_{\text{конц}}$ при нагревании. Затем производился перевод железа в нерастворимый гидроксид железа (III) и хрома в шестивалентное состояние. Для этого к 10,0 мл раствора, полученного на предыдущей стадии, при интенсивном перемешивании прибавлялось 2мл перекиси водорода $\text{H}_2\text{O}_2_{\text{(конц)}}$ и затем, через ~0,5мин прибавлялось 3 мл раствора гидроксида аммония $\text{NH}_4\text{OH}_{\text{(конц)}}$. ($\omega\sim 20\%\div 25\%$). О необходимом уровне pH говорит образование бурого осадка гидроксида железа (III), который на этой стадии маскирует образование ярко-желтого хромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ в растворе. Раствор выдерживался при слабом кипении в течение 10 мин для завершения реакции окисления. Гидроксид железа (III) отделялся от хромата аммония фильтрованием через бумажный фильтр «белая лента». Объем полученного фильтрата доводился по объема 100мл и проводилось фотометрирование полученного раствора на фотоколориметре при $\lambda=364\text{нм}$. Определение концентрации хромат-иона в растворе проводили по калибровочному графику, построенному предварительно.

Изучение содержания хрома в образце нержавеющей стали X18H9T показало наличие металлического хрома в количестве 17,5%. После этого был изучен состав стали, используемый для изготовления бритвенных лезвий типа «Жилет» и «Спутник». Проведенный анализ показал содержание хрома в образцах 7,5% и 4,8% соответственно.

УДК 666. 9

Ремонт дорожных одежд методом скоростного бетонирования

Студент гр. 104818 Подлипский С.Н.

Научный руководитель – Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время главной задачей является не строительство новых, а содержание и реконструкция существующих дорог.

Новые методы строительства и восстановления дорожных покрытий, позволяет открывать движение менее чем через 12 ч после проведения ремонтных работ и сводит эти проблемы к минимуму. Это метод скоростного бетонирования дорожных покрытий .

Установлено, что укладка слоя цементобетона толщиной 5-7,5 см на существующее дорожное покрытие из цементобетона целесообразна с точки зрения экономики и долговечности по сравнению с укладкой асфальтобетонного слоя.

Для приготовления смесей использовался быстротвердеющий цемент, крупно- и мелкозернистый минеральный заполнитель и тонкая зола-уноса, способствующая твердению. Прочность сцепления с существующим дорожным покрытием каждой смеси с введением различного количества водоуменьшающих и ускоряющих добавок, а так же хлористого кальция определялась в возрасте 6,8,12,18 и 24 ч.

Цементопесчаный раствор, образующий промежуточный слой состоял из равных массовых частей портландцемента и песка, смешиваемых с водой, в количестве, обеспечивающем удобоукладываемость раствора. Время от момента приготовления раствора до его распределения не превышало 90 мин.

После проведения подготовительных работ в местах, где в старом дорожном покрытии имелись швы, и в местах ямочного ремонта на всю толщину размещались пластмассовые прокладки. Позже, после укладки слоя усиления, в этих местах пропиливали швы, которые заполняли силиконовым герметиком.

После такой подготовки поверхности дорожного покрытия распределяли тонкий слой раствора, обеспечивающего сцепление, и до его схватывания укладывали цементобетонный слой усиления.

Такой материал удаляли после того, как слой бетона набирал минимальную прочность 2,5 МПа. Операции уплотнения, отделки, создания текстуры и нанесение состава для ухода выполнялись за время не превышающее 45 мин.

Выбоина предварительно продувается сжатым воздухом и смачивается летучим растворителем. Для ремонта при сухой погоде используется следующий состав:

щебень фр. 2,5 – 5 мм, и 30% раствор пенополистирола. Получается сыпучий материал, который можно транспортировать навалом или в затаренном состоянии. На месте производства работ этот щебень смачивают летучим растворителем (щебень: растворитель 10:1) и укладывается в выбоину, прикатываясь катком. Сверху укладывается защитный слой песка и раствора полистирола. Через 2 часа можно открыть движение транспорта.

Может быть использован при сухой погоде также вяжущее, полученное путем смешения раствора полиуретанового аддукта, растворителя и инициатора полимеризации. В полученное вяжущее добавляют сухой песок или гранитные отсева. После перемешивания смесь укладывается в выбоину на дороге и прикатывается катком. Через 3 часа открывают движение транспорта.

При любой погоде может быть использовано вяжущее путем смешения карбамидоформальдегидной смолы, отвердителя и латекса. В полученное вяжущее добавляют песок или гранитные отсева (можно влажные).

Скоростной метод бетонирования позволяет увеличить безопасность движения транспорта, сократить сроки строительства, уменьшить стоимость и увеличить срок службы покрытия магистрали.

УДК 625.7

Разработка составов комплексных водостойких быстротвердеющих вяжущих строительного назначения

Студент гр. 104138 Слизов Д.Ю.
Научные руководители – Шагойко Ю.В., Дубинчик И.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в связи с ростом интенсивности и грузонапряженности движения транспортных средств важную роль приобретает качество проведения работ по текущему ремонту покрытий. Совершенствования технологии ремонта дорог при неблагоприятных условиях можно достигнуть повышением качества асфальтобетонных смесей, в частности улучшением их адгезионных свойств путем введения в битум поверхностно-активных добавок.

Выявлено достаточно большое количество катионоактивных веществ, положительно влияющих на свойства асфальтобетонных смесей. Улучшение свойств наблюдается при использовании карбоксиламина, битумной присадки, вещества на основе полиэтиленполиамина и синтетических жирных кислот-БП-3. Так, введение БП-3 в количестве 0,5-1,5% позволяет увеличить полное сцепление поверхности сухих и влажных минеральных материалов кислых пород и вязкими битумами, снизить температуру приготовления смесей и уменьшить расход битума. Уплотнять смеси при низких температурах позволяет применение полимерно-битумного вяжущего на основе дивинилстирольных термоэластопластов (ДСТ). Используются ДСТ, содержащие 28-32% связанного стирола. Вяжущее получают введением в битум 2-2,5% ДСТ, предварительно растворив в углеводородных растворителях: сольвенте, ксилоле или бензине.

Снижается температура нагрева битума при применении катионной добавки – флотореагента АНП-2. Добавку смешивают с водой и битумом в соотношении 1:3 и вводят в смеситель в количестве 0,01-0,2% от массы минерального материала.

Улучшить эластичные свойства битума позволяет пластифицирующая добавка, представляющая собой продукт термоокисления остатков от регенерации отработанных смазочных масел ПН-2. Масло вводится в выпаренный битум при температуре 100°С в количестве 10-15%.

Перспективными материалами являются резинобитумные мастики и пасты. Сочетая различные синтетические смолы, каучук, пластификаторы и наполнители можно получить мастику с заданными свойствами. Так, мастика, состоящая из битума (70%), резиновой крошки(16%), фильтпресной пыли (11%) и ПВА (3%) отличается высокой эластичностью и морозостойкостью.

Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что одним из многочисленных факторов, влияющих на снижение долговечности асфальтобетонных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях битума низкого качества. Для повышения качества асфальтобетонных покрытий в верхних слоях автомобильных дорог I—II технических категорий рекомендовано применять модифицированные битумы, обладающие по сравнению с дорожными битумами более высоким уровнем физико-механических показателей.

Применение данных модификаторов позволяет существенно расширить интервал пластичности дорожных битумов, характеризуемый разностью между температурой размягчения и температурой хрупкости вяжущего. Физико-механические показатели полимерно-битумных вяжущих на основе

полимеров типа СБС имеют более высокий уровень свойств и нашли более широкое практическое применение по сравнению с другими модификаторами. Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ) на основе термоэластопластов является качественно новым материалом, позволяющим повысить срок службы дорожного покрытия. По сравнению с нефтяными дорожными битумами полимерно-битумные вяжущие обладают новым комплексом свойств, существенно отличающихся от свойств исходных битумов: эластичностью, трещиностойкостью, широким интервалом пластичности (ИП), повышением прочности при растяжении. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на ПБВ получают путем растворения термоэластопласта в битуме. В качестве термоэластопласта используют блоксополимеры дивинила со стиролом типа СБС, чаще всего марок ДСТ 30-01, ДСТ 30 Р-01, и их зарубежный аналог Кратон Д 1101.

Для получения вяжущих использовались песок, битум, гудрон, катон, ДСТ и растворители: РС-2 и сольвент.

Для получения вяжущего ДСТ растворялся в РС-2 в течение суток (30%-ый раствор). Полученная густая масса добавлялась в разогретый битум и смесь перемешивалась при нагревании до однородной массы. В песок добавлялось вяжущее, состав перемешивался при нагревании и формовались образцы-балочки (состав 1). Было опробовано растворение ДСТ в РС-2 в течение суток (30%-ый раствор). В полученную массу добавлялся РС-2 (20 см³). В расплавленный битум добавлялся РС-2 (15 см³), а затем раствор ДСТ. В песок добавлялось вяжущее, состав перемешивался на холоду и формовались образцы-балочки (состав 2). Кратон растворялся при перемешивании в 15 см³ РС-2. В расплавленный битум добавлялся РС-2 (15 см³), а затем раствор катона. В песок добавлялось вяжущее, состав перемешивался на холоду и формовались образцы-балочки.

Изучена растворимость ДСТ в растворителях: сольвенте и РС-2. Изготовлены образцы на основе битума, ДСТ, катона и определены прочностные показатели. На основании полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод о возможности использования ДСТ и катона для получения битумно-полимерных вяжущих на основе местного сырья. Оптимальный состав: песок -1600 г, 7% вяжущего (битум и ДСТ-20% раствор в сольвенте).

УДК 546.226+546.185

Исследование кристаллогидратов в неорганической технологии

Студентка 1 курса Василевская Т. А.

Научный руководитель – Малашонок И.Е.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Современная неорганическая технология (производство минеральных удобрений, технических и реактивных солей, строительных материалов, катализаторов, неорганических материалов специального назначения) включает химико-технологические методы переработки минерального сырья и неорганических полупродуктов и характеризуется широким спектром применяемых исходных и получаемых веществ, разнообразием химико-технологических условий проведения процессов, большим диапазоном свойств и требований к продукции. Вопросы идентификации исходных, промежуточных и конечных продуктов приобретают особую актуальность, в том числе определение в составе соединений молекул воды и способов ее связывания в кристаллической решетке.

Многие соли при синтезе из растворов кристаллизуются в виде гидратов. Как показывает экспериментальный материал, молекулы воды, входящие в состав неорганических кристаллогидратов, не являются нейтральными структурными элементами в решетке гидрата, а участвуют в различных взаимодействиях с катионной и анионной подрешеткой соли. Состояние воды в кристаллогидратах, т.е. способ расположения и характер связи ее молекул с другими элементами кристаллической решетки, в значительной степени определяет ход термической дегидратации этих соединений, особенно в случае кристаллогидратов типа аквакомплексов, число молекул воды в которых равно или меньше координационного числа катиона. Основными видами взаимодействия молекул воды со структурными элементами решетки гидрата являются координация катионом и участие в образовании водородной связи. В этом проявляется характерная особенность, определяющая практически все свойства воды в конденсированном состоянии, заключающаяся в способности ее молекул одновременно быть донором электронов и донором протонов. Водородная связь оказывает большое влияние на состояние воды в кристаллогидратах, поскольку трудно найти гидрат, в котором молекулы воды не участвовали бы в образовании водородной связи либо с анионом соли, либо с другими молекулами воды. Участие в образовании водородной связи с анионом приводит к уменьшению силовой постоянной O—H-связи. В водородной связи OH...Э ковалентно связанный атом водорода образует другую связь с другим атомом (Э). Водородная связь сильнее ван-дер-ваальсова взаимодействия, но слабее ковалентной связи. Водородная связь может быть легко разрушена при повышении температуры или даже при разбавлении инертным растворителем.

Для молекулы воды можно выделить три типа основных колебаний (показаны на рисунке), проявляющиеся в инфракрасных спектрах.



Молекула воды обладает дипольным моментом ($\mu = 1,85$ Д), который изменяется во время симметричного валентного колебания. Антисимметричное валентное колебание также ИК-активно. Движение атомов водорода по направлению друг к другу, а затем в обратном направлении приводит к симметричному деформационному колебанию типа «ножницы». При этом также происходит изменение дипольного момента и наблюдается полоса поглощения в ИК-спектре. Поляризующее действие на воду оказывают также катионы. При образовании водородной связи функция потенциальной энергии свободных ОН-групп видоизменяется, она становится шире, и колебательные уровни становятся ближе, что проявляется изменением силовых характеристик молекулы воды в результате координации по кислороду и связи по водороду отражается в колебательном спектре воды, что и обусловило широкое использование методов колебательной спектроскопии для характеристики состояния воды в твердых телах и жидкостях.

Наиболее характерными проявлениями водородной связи в колебательном спектре воды являются низкочастотный сдвиг, возрастание интенсивности и значительное уширение полосы валентных колебаний ОН-групп. Эти изменения в спектре воды служат своеобразным критерием участия ее молекул в образовании водородной связи. Самой чувствительной характеристикой к образованию водородной связи оказывается интегральная интенсивность полосы валентных ОН-колебаний, в ряде случаев она увеличивается более чем на порядок. Наиболее часто используемой экспериментальной величиной, получаемой из ИК-спектров поглощения, является сдвиг полосы валентных колебаний воды $\Delta\nu = \nu_0 - \nu$ где ν_0 - частота валентного колебания воды в отсутствие водородной связи, принимаемая равной 3700 см^{-1} . Низкочастотное смещение полосы ν (ОН) достаточно хорошо коррелирует с длиной связи $\text{O}-\text{H} \dots \text{O}$, и на основании этого были предложены многочисленные эмпирические и полуэмпирические зависимости, позволяющие приблизительно оценить величины $R_{\text{O} \dots \text{O}}$ и $r_{\text{O}-\text{H}}$ из спектроскопических данных. Установлена также зависимость между низкочастотным сдвигом полосы ν (ОН) и энергией водородной связи, дающая возможность охарактеризовать относительную прочность водородной связи.

Энергия водородной связи, образуемой молекулой воды и анионом соли, увеличивается с усилением протонакцепторной способности аниона. При исследовании ИК-спектров поглощения различных гидратов было установлено, что в ряду $\text{ClO}_4^- < \text{NO}_3^- < \text{WO}_4^{2-} < \text{CO}_3^{2-} < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$ энергия водородной связи возрастает и изменяется от ~ 8 кДж/моль для ClO_4^- до ~ 38 кДж/моль для иона PO_4^{3-} . В этом же ряду возрастает и протонакцепторная способность указанных анионов. Таким образом, ортофосфат-анион обладает значительной протонакцепторной способностью и поэтому в гидратированных фосфатах возможно образование достаточно прочных водородных связей, особенно при наличии в структуре гидрата координированных молекул воды. Число кристаллографически неэквивалентных видов молекул воды в решетке гидрата может быть оценено по числу компонент частоты деформационного колебания воды ($1590\text{-}1650 \text{ см}^{-1}$), сам факт присутствия которой в ИК-спектре может служить доказательством существования в исследуемом соединении молекулы воды как целого.

Особенности вхождения молекул воды в структуру кристаллогидратов определяют механизм их дегидратации. Температурные пределы дегидратации связаны с прочностью связывания молекул воды. Ступенчатая дегидратация чаще всего является следствием неэквивалентности молекул воды в структуре. Размывание температур дегидратации в температурную область наблюдается при обезвоживании гидратов, когда проявляется диссоциация воды. При этом процесс дегидратации часто сопровождается процессом деструкции аниона, как, например, при дегидратации гексагидрата трифосфата натрия. Слабо связанные молекулы воды удаляются без разрушения структуры вещества, как, например, при дегидратации гидратов циклотетрафосфата натрия.

Студент гр. 104138 Савченко А.И.
 Научный руководитель – Евсева Е.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Полиуретановые вяжущие для ремонта дорожных покрытий отличаются тем, что образующийся из них продукт не меняет своего объема после отверждения, поэтому в композите не возникает внутренних напряжений.

Исследуемое вяжущее состояло из двух компонентов: полиуретановой смолы марки УК 8103 и отвердителя марки КУ 5400. Твердый пластичный композиционный материал получался при смешении полиуретанового вяжущего и фракционированного промытого строительного песка с модулем крупности $M_k = 2,5$. Испытания показали, что оптимальным соотношением смола: отвердитель является 5:1 или 6:1 по массе и 3,7:1 или 4:1 по объему. При смешении смолы и отвердителя в указанных соотношениях осуществляется их химическое взаимодействие и твердение вяжущего. Время жизни смеси составляет 40-70 минут.

Особенностью данного вяжущего является то, что оно может отверждаться как в холодном, так и в теплом состоянии. Время отверждения можно значительно сократить за счет повышения температуры или добавления ускорителя.

Изменения прочности на сдвиг в зависимости от времени отверждения вяжущего при 20°C составило: через 4 часа – 3 МПа, 24 часа – 5,5 МПа, 48 часов - 7 МПа, 4 суток – 7 МПа, 7 суток – 7,5 МПа.

Изменение прочности на сдвиг в зависимости от времени отверждения вяжущего при 80°C составило: через 0,5 часа – 6,5 МПа; 1 час – 7,5 МПа; 2 часа – 8,5 МПа; 3 часа – 11 МПа; 7 часов – 11 МПа.

Прочность на сдвиг вяжущего через 1 сутки при температурах: -40°C - 12 МПа; - 20°C -11 МПа; 0°C - 10 МПа; + 40°C - 5 МПа; +60°C - 4 МПа.

Зависимость прочностных характеристик ремонтных смесей от содержания вяжущего приведена в табл. 1.

Табл. 1. Зависимость прочности ремонтной смеси от содержания вяжущего (возраст – 24 часа).

№ п/п	Состав ремонтной смеси			Прочность		Водопоглощение, W, %
	Песок, %	Отношение смола / отвердитель	Отношение вяжущее / песок %	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа	
1	100	6	5	4	1,3	3,2
2	100	6	7	9	3,5	2,1
3	100	6	9	13	4,5	1,2
4	100	6	11	13,1	4,8	0,9

Из данных табл. 1 следует, что резкое увеличение прочности показателей наблюдается до содержания вяжущего 9-10% масс. Исследование динамики набора прочности в зависимости от возраста образцов показало, что прочность растет преимущественно в течение первых суток (табл.2.).

Таблица 2 – Зависимость прочностных свойств ремонтных смесей от времени твердения (содержание вяжущего – 9% масс.)

№ п/п	Время твердения, час	Прочность	
		$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
1	3	4,7	1,2
2	5	7,2	2,5
3	15	10,0	3,5
4	20	12,0	4,0
5	24	13,0	4,5
6	72	13,8	5,0

Таким образом, на основе полиуретановой смолы может быть получена смесь для проведения ремонтных работ, твердеющая в течение суток и проявляющая достаточную прочность.

Учитывая, что полиуретановая смола и особенно отвердитель являются сравнительно дорогими продуктами, дополнительно было проведено изучение возможности использования в качестве заменителя полиуретановой смолы промежуточного продукта переработки полимерных отходов (полиуретанового аддукта), полученного в ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН

Беларуси». Там же был получен и второй промежуточный продукт переработки, содержащий изоцианаты, который был использован в качестве отвердителя.

Аддукт был переведен в жидкотекучее состояние путем растворения его в этилацетате или сольвенте. Дальнейшее исследование проводили с раствором полиуретанового аддукта в этилацетате и сольвенте. Содержание вяжущего (аддукт + отвердитель) в ремонтной смеси изменяли от 9 до 11% масс от массы песка. Соотношение аддукт : отвердитель колебалось от 6,5:1 до 8:1. Более высокие прочностные свойства были получены при использовании в качестве растворителя аддукта – этилацетата (через 24 часа $R_{сж} = 10,7$ МПа, $R_{изг} = 4,7$ МПа). Те же характеристики при использовании сольвента составили $R_{сж} = 9,3$ МПа, $R_{изг} = 4,9$ МПа.

Концентрация аддукта в растворе этилацетата составила около 80% масс., в сольвенте - порядка 70% масс. Следует отметить низкое водопоглощение образцов – балочек 4x4x16 см, которое составляло от 2 до 0,5%.

Таким образом, ремонтная смесь с достаточными прочностными характеристиками может быть изготовлена на основе полиуретанового аддукта и отвердителя, полученных при переработки полимерных отходов.

Получение и изучение свойств мембран из полиэфирсульфона

Студент группы 4/2 Емельянов М.Ю.

Научные руководители – Бильдюкевич А.В., Крутько Э.Т.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью научной работы является усиление внимания к проблеме разработки новых высококачественных материалов, которые могли бы использоваться для импортозамещения и создания продукции мирового уровня. Полиэфирсульфон (ПЭС) является перспективным материалом для получения мембран методом инверсии фаз.

Настоящая работа посвящена разработке способа получения ультрафильтрационных мембран в виде полых волокон для очистки воды. У получаемых мембран проницаемость по воде должна быть не менее 600 л*час/м² и они должны быть стабильны под давлением не менее 4 атм. Нами было установлено, что получение полых волокон можно проводить из высококонцентрированных растворов ПЭС (21-23%) в смеси хорошего (диметилацетамид (ДМАА)) и плохого (полиэтиленгликоль-400 (ПЭГ-400)) растворителей. Однако получаемые из этой системы волокна достаточно гидрофобны и предложено их гидрофилизировать введением небольших количеств (0,1-2%) высокомолекулярного поливинилпирролидона (ПВП) в формовочный раствор. Установлено, что при постоянном содержании ПЭС и ПВП увеличение содержания плохого растворителя в растворяющей смеси приводит к увеличению проницаемости волокон (рис.1). Несмотря на то, что ПЭГ можно вводить в формовочный раствор до 70%, введение его в количестве более 35% не целесообразно, т.к. инициирует формирование дефектных волокон.

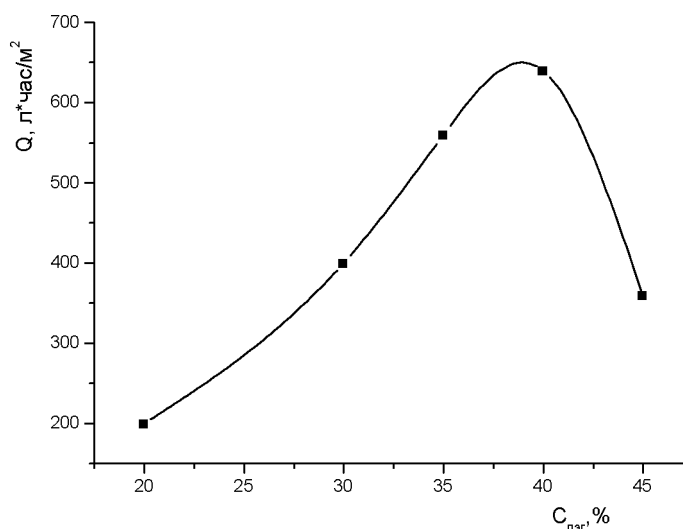


Рисунок 1 – Зависимость гидравлической проницаемости полых волокон от содержания ПЭГ-400 в формовочном растворе. Концентрация ПЭС = 22%. Концентрация ПВП=0,5%. Температура внутренней осадительной ванны 67 °С. Давление внутреннего осадителя 0,35 атм. Давление полимера 1,3 атм.

Полые волокна получали мокрым способом, который состоит в «свободном падении» волокна на воздухе с подачей внутреннего осадителя (воды) внутрь жидкой нити полимерного раствора. Сформованное волокно под собственным весом поступает в приемную ванну, где сматывается в бухту. Таким образом, процесс реализуется без использования внешней осадительной ванны и на свойства получаемых полых волокон оказывают влияние только характеристики внутренней осадительной ванны, в частности ее температура (рис.2).

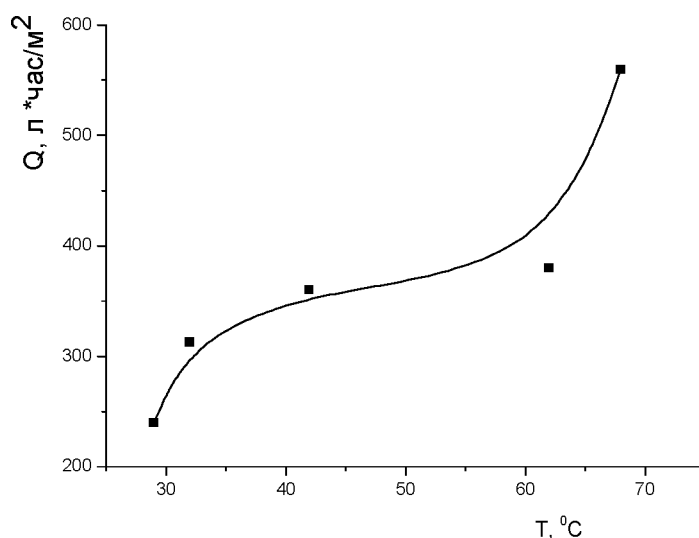


Рисунок 2 – Зависимость гидравлической проницаемости полых волокон от температуры внутренней осадительной ванны. Концентрация ПЭС = 22%. Концентрация ПЭГ = 35%. Концентрация ПВП=0,5%. Давление внутреннего осадителя 0,35 атм. Давление полимера 1,3 атм.

Из рисунка 2 следует, что для формирования высокопроизводительных структур целесообразно увеличивать температуру внутреннего осадителя. Таким образом, в рамках выполнения данной работы, установлены важные закономерности переработки растворов полиэфирсульфона в полые волокна, которые в дальнейшем будут использоваться для разработки промышленной технологии изготовления волокон для очистки воды.

УДК 625.7

Теплоты растворения гексафторосиликатов в воде

Студент гр. 104318 Бобровник А.В.

Научный руководитель – Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В качестве объектов исследования использовали синтезированные нами гексафторосиликаты Li_2SiF_6 , $\text{Li}_2\text{SiF}_6 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, Na_2SiF_6 , K_2SiF_6 , Rb_2SiF_6 , Cs_2SiF_6 , $\text{MgSiF}_6 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, CaSiF_6 , $\text{CaSiF}_6 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, SrSiF_6 , $\text{SrSiF}_6 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, BaSiF_6 , и покупной Na_2SiF_6 марки "ЧДА". Исследуемые соли были получены растворением хлоридов, карбонатов или гидроксидов соответствующих элементов в 10--30 %-ном избытке H_2SiF_6 (при использовании карбонатов или гидроксидов); безводные Li_2SiF_6 , CaSiF_6 и SrSiF_6 - путем термической дегидратации кристаллогидратов соответствующих солей при 100°C. Все исходные реактивы имели квалификацию не ниже марки "ЧДА". При проведении эксперимента использовали полиэтиленовую посуду и мешалки. Теплоты (энтальпии) растворения гексафторосиликатов в воде определяли методом калориметрии растворения в калориметре с изотермической оболочкой (ОХ-12 К) по стандартной методике. Навеску кристаллического гексафторосиликата вводили в калориметрический полиэтиленовый стакан с помощью медицинского одноразового шприца с отрезанным носиком так, чтобы содержимое шприца и поршень были ниже уровня воды в стакане. Температуру в калориметрическом стакане измеряли метастатическим термометром Бекмана в ходе предварительного и заключительного периодов – через каждые 60 с, а в главном периоде - через каждые 20 с. Калибровку калориметра проводили по эталонной теплоте растворения KCl в воде.

В качестве результирующего значения определяемых экспериментально величин принимали среднее арифметическое трех-шести параллельных определений, абсолютное значение расхождения между которыми не превышало суммарной погрешности данного определения, которую принимали за допускаемую при доверительной вероятности 0,95.

Теплоты растворения указанных гексафторосиликатов определяли с использованием жидкостного калориметра с изотермической оболочкой при атмосферном давлении и температурах 298,0, 311,0 и 323,0 К. Полученные результаты с учетом суммарной ошибки определения (не более 6 % из шести параллельных опытов) представлены в таблице.

Таблица – Теплоты растворения гексафторосиликатов в воде ΔH_T° (раств.), кДж/моль

Соединение	С, моль H ₂ O/моль вещества	Калориметрическое определение			Граф. по $\ln K_a = f\left(\frac{1}{T}\right)$
		298,0 К	311,0 К	323,0 К	
Li ₂ SiF ₆	4300	4,7±0,2	4,8±0,3	5,5±0,3	5,5
Na ₂ SiF ₆	5200	39,6±1,4	40,2±1,4	40,6±1,4	41,1
K ₂ SiF ₆	12200	42,8±1,5	43,3±1,5	43,8±1,6	47,3
Rb ₂ SiF ₆	17300	77,6±2,7	78,3±2,8	79,0±2,8	85,6
Cs ₂ SiF ₆	5700	91,3±2,8	91,6±2,7	92,0±2,7	100
Li ₂ SiF ₆ *2H ₂ O	10900	21,4±0,9	20,4±0,9	19,5±0,9	22,3
CaSiF ₆	5100	-35,1±0,5	-34,3±0,5	-33,9±0,4	-34,0
SrSiF ₆	6400	-12,0±0,2	-11,2±0,2	-10,2±0,3	-12,2
BaSiF ₆	7800	15,5±1,0	16,1±1,02	16,9±1,0	17,7
MgSiF ₆ *6H ₂ O	32000	1738±48	1736±47	1732±48	1762
CaSiF ₆ *2H ₂ O	12300	543±14	542±15	542±16	593
SrSiF ₆ *2H ₂ O	15000	591±15	589±16	589±16	645

УДК 627.7

Фосфатные цементы на основе карбонитридов титана

Студент гр. 104117 Никончук О.А.
 Научный руководитель – Медведев Д.И.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Развитие техники и технологии требует создания новых перспективных материалов, определяющих научно-технический прогресс. Ранее проведенные исследования показали возможность создания новых конструкционных материалов на основе фосфатных и силикатных связующих и тугоплавких бинарных соединений: нитридов, боридов, силицидов d-элементов. Полученные композиты могли быть использованы в качестве токопроводящих клеев, устойчивых в жидких и газообразных средах (O₂, H₂, инертных атмосферах) при высоких температурах.

Учитывая высокую химическую устойчивость практически всех тугоплавких соединений в кислотах, например в H₃PO₄ для проявления эффекта твердения при получении композиций необходимо использовать ультрадисперсные порошки размером порядка ~ 1 мкм. Наполнитель, который присутствовал в избытке в композитах обеспечивал составом специфические эксплуатационные свойства.

В настоящей работе исследована возможность получения фосфатных цементов на основе H₃PO₄ или фосфатных связующих и карбонитридов титана. Последние представляют собой фазы переменного состава (TiC_{1-x}N_x), когда в кристаллическую решетку нитрида титана внедряются атомы углерода, замещая азот в кристаллической решетке нитрида титана. Таким образом, могли быть получены композиты, сочетающие лучшие свойства индивидуальных соединений карбида и нитрида титана. Для исследований был взят карбонитрид состава TiC_{0,4-0,5}N_{0,6-0,5} удельной поверхности 12 и 18 м²/г.

Изучена кинетика взаимодействия карбонитридов титана с ортофосфорной кислотой. Показано, что на первом этапе (~ 110-50°C) с H₃PO₄ взаимодействуют наиболее активные частицы полидисперсного карбонитрида титана, обладающие более высокой удельной поверхностью по сравнению с ее среднестатистическим значением, рассчитанным на полную массу вещества. Установлено, что повышение удельной поверхности карбонитрида смещает процесс взаимодействия в низкотемпературную область. При этом количество теплоты, выделенное при взаимодействии исходных компонентов возрастает.

На втором этапе при возрастании температуры реагируют более грубодисперсные частицы, а оставшиеся в избытке частица TiCN обуславливают при отвердевании композиций физико-химические свойства композитов.

Установлено, что замена ортофосфорной кислоты алюмофосфатным связующим (АФС) снижает температуру отверждения цементов. При этом электропроводность композитов увеличивает с $6 \cdot 10^{-3}$ до $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

УДК 625.7

Усадочные явления при старении битумов

Студент гр. 104217 Буланов А.В.

Научный руководитель – Меженцев А.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Покрытия из асфальтового бетона, в начальный период эксплуатации отличаются высоким качеством. Они достаточно прочны и устойчивы к действию климатических факторов и воды, эластичны, благодаря упругопластическим свойствам бетона, снижают вибрацию автомобилей и обеспечивают снижение шума при движении транспорта.

Однако по истечении некоторого времени проявляются и отрицательные свойства асфальтового бетона, связанные с процессом старения битума и композиций на его основе.

Склонность битумов при старении к объемному сжимающему деформированию, то есть к уплотнению или усадке, из-за невозможности свободного перемещения покрытия всегда при повышенных температурах будет вызывать деформацию ползучести, а при низких температурах - возникновение растягивающих напряжений. Как деформации ползучести, так и напряжения, обусловленные усадкой битумов, приводят к преждевременному растрескиванию покрытий.

Кроме того, усадка битумов при старении является одной из главных причин, препятствующих в летние месяцы (при нагревании асфальтобетонных) закрытию трещин, образовавшихся в покрытии зимой. Расчеты показывают, что для образования и асфальтобетонном покрытии поперечных трещин шириной 5 мм через каждые 20 м его линейная усадочная деформация должна быть равна 0,025%, а объемная усадка битума в асфальтобетоне - 0,18%.

Уплотнение, которое сопровождает химические превращения битумов - реакции дегидрополиконденсации, обусловлено заменой межмолекулярных физических связей между низкомолекулярными компонентами химическими связями этих элементов в макромолекулах. Если допустить, что старение идет только за счет химических превращений, то ширина трещины в покрытии может достигнуть 50 мм. Однако усадка в покрытиях, особенно в первые годы эксплуатации, связана также с фазовыми превращениями в битумах.

При старении битумов образуются и газообразные продукты, которые занимают объем, намного превышающий объем исходной жидкой или твердой фазы. Естественно, часть газообразных продуктов может находиться в битуме в растворенном состоянии, но может концентрироваться и в микропорах, которые возникли в битумных пленках в результате уплотнения при старении межпорового пространства. Вследствие весьма большого теплового расширения газообразных продуктов при нагревании будет создаваться избыточное давление, способствующее росту пор и образованию капилляров, что в целом приводит к снижению прочности и трещиностойкости покрытия.

Уплотнение при старении битумов в покрытиях, лишенных возможности свободно перемещаться, вызывает медленно релаксирующие при низких температурах напряжения, которые одновременно с возникающими в покрытии при охлаждении температурными напряжениями будут облегчать их растрескивание.

На основе определения плотности образцов при $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ было изучено влияние содержания битума и природы минерального наполнителя на усадку асфальтобетонов при его термоциклировании в интервале температур от 30 до -18°C . В асфальтобетонах с большим содержанием битума, как следовало ожидать, усадочные деформации были более высокими. Через 100 циклов термоциклирования в асфальтобетоне с содержанием 8% битума усадка была на 80% выше, чем в образце, содержащем 6,5% битума.

Студенты гр. 104115, Иванченко В.А., Федоров А.Н.
 Научный руководитель – Проворова И.Б.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

В республике Беларусь на предприятиях нефтехимии ежегодно скапливается порядка 150 тонн отработанных медьсодержащих катализаторов: НТК-4 (54% CuO; 11% ZnO; 21% Al₂O₃), КСО (45% CuO; 30% ZnO; 25% Al₂O₃), МЦА-1 (64% CuO; 33% ZnO; 3% Al₂O₃), СНМ-У (62% CuO; 33% ZnO; 3,5% Al₂O₃). Эти катализаторы могут являться сырьем для получения меди.

Для переработки отработанных катализаторов существует способ извлечения меди из медьсодержащих отходов, включающий выщелачивание серной кислотой при подогреве, нейтрализацию полученного раствора до pH = 2,5÷3,0 и обработку металлическим цинком для высаживания меди. После отделения полученной меди остальную медь удаляют на второй стадии путем высаживания на металлическом цинке в отсутствие кислорода.

Применение данного способа в полном объеме является нецелесообразным, так как металлический цинк используется для высаживания меди только из разбавленных растворов.

Кроме того, существует способ извлечения меди из медьсодержащих отходов, включающий обработку исходного сырья серной кислотой в присутствии азотной кислоты и цементацию меди из раствора. Обработку сырья ведут 15 - 25% серной кислотой в присутствии 30 - 45% азотной кислоты при соотношении HNO₃ : H₂SO₄ = 1 : 8÷12 и при температуре 85 - 95°С. После чего вводят 0,5% раствор полиакриламида, выдерживают в течение 5 - 6 часов, полученную суспензию отделяют от осадка и проводят электрохимическую экстракцию меди из полученного раствора при анодной плотности тока не выше 450 А/м² и температуре 30 - 60°С до получения концентрации меди в растворе ниже 5 г/л.

Недостатком этого метода является необходимость использования смеси кислот и раствора полиакриламида. Кроме того, предлагаемый метод не дает рекомендаций по производству порошковой меди.

Целью исследования является упрощение процесса выщелачивания Cu из отработанных катализаторов, определение параметров её осаждения и разработка технологии получения порошковой меди с различной дисперсностью частиц.

Процесс извлечения меди, включает выщелачивание исходного сырья раствором серной кислоты при комнатной температуре и электролитическое осаждение, которое ведется при плотности тока, определяемой в зависимости от требуемой дисперсности порошка меди.

Отработанный катализатор (ОК) без предварительной подготовки подается на выщелачивание 10 - 15% серной кислотой. Подача серной кислоты осуществляется только на первом цикле обработки. Вторая и последующая порции ОК обрабатываются оборотной кислотой, образующейся после электролиза раствора CuSO₄. ОК могут содержать нерастворимые в кислоте компоненты, выпадающие в осадок, которые могут содержать некоторое количество CuO, в связи с чем осадок может быть подвергнут повторному выщелачиванию. После декантации раствор CuSO₄ подается на электролиз. В связи с большим значением электродного потенциала у меди на катоде происходит выделение Cu, а остальные компоненты катализатора остаются в растворе до конечной концентрации Cu 0,3 - 0,5 г/л. О завершении осаждения меди можно судить по обесцвечиванию раствора. Образующуюся в результате электролиза H₂SO₄ направляют на позицию выщелачивания, а Cu - на промывку.

Установлено, что в зависимости от плотности тока на катоде может выделяться плотный осадок меди или порошковая медь, которая осыпается с катода и оседает на дне ванны. При этом, чем меньше плотность тока, тем мельче порошок.

В таблице 1 приведены размеры частиц основной фракции порошка меди, получаемой при различной плотности тока.

Таблица 1 – Размеры частиц основной фракции порошка меди, получаемой при различной плотности тока.

Плотность тока, А/м ²	250 - 600	600 - 900	900 - 1200	1200 - 1800	1800 - 2400
Размер частиц основной фракции, мкм	плотное покрытие	0,5 - 3	1 - 5	2 - 6	3 - 10

Проверку эффективности разработанной технологии осуществляли на отработанном медно-цинковом катализаторе СНМ-У, для чего 800 г ОК обрабатывали 10% раствором серной кислоты в соотношении масс твердого к жидкому 1:7,5 в течение суток. После декантации получали раствор объемом 5,6 л с содержанием 54 г/л меди и 26,7 г/л цинка. Электролиз проводили при анодной плотности тока 360 А/м² до содержания в растворе 0,3 г/л меди. Концентрация цинка в электролите после электролиза с учётом испарения составила 35,4 г/л.

Цинк можно осадить электролизом на алюминиевом катоде после двух-трех циклов выщелачивания или выделить в осадок добавлением в раствор щелочи до достижения $\text{pH} = 7\div 8$, с последующей прокалкой $\text{Zn}(\text{OH})_2$ до ZnO .

Осадок гидроксида цинка после промывки на фильтре и прокалки можно использовать в качестве пигмента для красок.

В оставшийся после декантации осадок добавляли 10% раствор H_2SO_4 в количестве 4,6 л и выдерживали в течение суток. Раствор, содержащий 6,9 г/л меди и 0,3 г/л цинка, расходовали на выщелачивание следующей порции ОК. Выход меди из ОК составил 91%, а цинка - 93%.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- для переработки отработанных медьсодержащих катализаторов возможно использование технологии, включающей выщелачивание и осаждение меди методом электролиза, степень извлечения меди составляет более 90%.

УДК 666.01

Синтез высокорасширяющихся керамических материалов на основе системы MgO-SiO_2

Студенты гр. 9 Ефимова Т.Н., Денищик О.В.

Научный руководитель – Дятлова Е.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В последние годы возникла потребность в керамике с высокими значениями температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) и электросопротивления, что сопряжено с применением большого количества разнообразных спаев и сплавов керамических материалов с металлами и электродными стеклами. В частности, особенно ценны и интересны керамические ключи, предназначенные для работы в рН-метрических приборах, обеспечивающие определенную скорость фильтрации растворов. Они представляют собой твёрдые, плотно спекшиеся тела, обладающие малым водопоглощением, высокой механической прочностью, химической стойкостью к щелочным средам и повышенным ТКЛР. При изготовлении непроволочных сопротивлений на керамическую основу наносятся слои различной площади и толщины из металлов (Ni, Fe и др.), что позволяет менять электросопротивление деталей. Наиболее перспективным в данной области применения является форстеритовая керамика.

Целью исследований является разработка составов смесей и технологии получения керамических материалов с высоким ТКЛР на основе системы MgO-SiO_2 в области кристаллизации форстерита.

В связи с этим решались задачи интенсификации спекания форстеритовой керамики, путём введения добавок огнеупорной глины и бентонита, отходов ванадиевых катализаторов (ОВК) и оксида марганца, что позволило снизить температуру спекания материала, и его пористость и водопоглощение и увеличить прочностные показатели. При этом решались задачи создания в структуре материала кристаллических составляющих, обладающих высокими значениями ТКЛР и электросопротивления.

Исследования с помощью РФА показали, что фазовый состав образцов представлен форстеритом и небольшим количеством периклаза, энстатита и клиноэнстатита.

Установлено, что замена бентонита и огнеупорной глины на отходы ванадиевых катализаторов не оказывает сильного влияния на качественный фазовый состав полученного материала, и в частности на значения ТКЛР, однако существенно возрастают значения водопоглощения и соответственно снижается плотность и механическая прочность опытных образцов.

Положительно в этом случае влияет введение в качестве минерализатора оксида марганца. Наибольшую степень спекания имеют материалы с максимальным его количеством (15 мас.%) при температуре обжига 1300°C , о чем свидетельствуют более низкие значения водопоглощения образцов (менее 8%), открытой пористости (менее 20%) и более высокие значения предела прочности при изгибе (48–50 МПа). По химической стойкости все исследуемые материалы более устойчивы и работоспособны в щелочной среде, так как содержат в большом количестве основные оксиды.

Таким образом, при использовании оксида марганца в качестве минерализирующей добавки достигаются наиболее оптимальные результаты в области исследуемых параметров - высокие значения ТКЛР – $9,62 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (в интервале температур $20\text{-}400^\circ\text{C}$) и удельного объемного сопротивления – $3 \cdot 10^{12} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, что предопределяет возможность использования разработанного керамического материала в радио- и электронной технике в качестве подложек, для производства электролитических ключей, применяемых в рН-метрических приборах, и других деталей в композициях с металлами и стеклами.

Электрохимическое выделение меди из металлосодержащих отходов инструментального производства

Студентка IV к. 8 гр. факультета ТОВ Фалей А.А.
Научный руководитель – Курило И.И.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Решение проблемы рационального использования имеющихся в стране сырьевых ресурсов предполагает разработку комплексных экологически безопасных технологий извлечения дорогостоящих металлических компонентов из бракованного и отработанного инструмента, а также отходов инструментального производства. Для решения этой задачи наиболее перспективным является использование электрохимических методов переработки, которые в отличие от распространенных в настоящее время химических методов, позволяют:

- использование разбавленные экологически безопасные растворы;
- исключить образование агрессивных жидких и газообразных продуктов процессов растворения, включая нитрозные газы, хлор, фтор и т.д.;
- обеспечить высокие скорость растворения и производительность;
- избежать безвозвратной потери реагентов;
- организовать замкнутый цикл «переработка металлосодержащих отходов – регенерация рабочих электролитов».

Целью данной работы является исследование процесса электрохимического выделения меди из металлосодержащих отходов на основе сплава Cu–Sn, который в настоящее время широко используется при производстве высококачественного алмазно-абразивного инструмента. В качестве анодов использовали оловянистую бронзу, содержащую, масс.%. Cu – 80, Sn – 20. Катодом служили титановые пластинки. Исследование кинетики электродных процессов и изучение адсорбции ионов-депассиваторов проводили хроновольтамперометрическим методом в щелочных, кислых окислительных и неокислительных электролитах.

Как показали исследования, в щелочных и комплексных электролитах с $pH > 6$ анодное растворение оловянистой бронзы осложнено процессами частичной или полной солевой пассивацией. Дальнейшие исследования процессов рекуперации алмазов в этих электролитах не представляются целесообразным из-за крайне низких анодных выходов по току (1–20 %) и образования малорастворимых продуктов в объеме электролита.

Процесс растворения сплава Cu–Sn в растворах азотной кислоты (1 М HNO_3) протекает практически во всей области потенциалов, что объясняется отсутствием процессов пассивации анода и высокой растворимостью нитратов. Однако, несмотря на высокие скорости растворения сплава, для азотнокислого электролита наблюдается протекание крайне нежелательных побочных процессов с образованием экологически опасных нитрозных газов (NO_x). При этом в процессе электролиза происходит изменение состава электролита, необратимый расход компонентов, что приводит к частой корректировке и замене рабочего раствора. Кроме того, ввиду высокой окислительной способности нитрат-ионов и их катодного восстановления с образованием нитрозных газов, затруднена возможность катодной утилизации растворенных металлов.

При анодном растворении исследуемых образцов в солянокислых электролитах (1 М HCl) практически не наблюдаются области пассивации, что объясняется сильным депассивирующим действием хлорид-ионов. Процесс катодного восстановления металлов протекает в две стадии: в области потенциалов от $-0,4$ до $-0,22$ В – и в области потенциалов от $-0,12$ до $+0,2$ В. Однако промышленное использование концентрированных солянокислых электролитов также затруднено, так как при высокой анодной поляризации наблюдается процесс выделения газообразного хлора.

С точки зрения возможности катодного выделения металлических составляющих сплава Cu–Sn наибольший интерес представляли исследования в сернокислых электролитах. Хроновольтамперометрические исследования процессов катодного осаждения металлов показали, что при растворении оловянистой бронзы в сернокислых растворах наблюдается процесс двухстадийного восстановления ионов меди (в области потенциалов от $-0,33$ до $-0,23$ В и от $-0,15$ до $0,25$ В). Олово накапливается в объеме электролита в виде малорастворимого осадка SnO_2 .

Введение в сернокислый электролит добавок хлорид-ионов в количестве 5 г/л приводит к увеличению предельного тока и, следовательно, скорости осаждения меди в 1,5–2,5. Дополнительное введение сульфат-ионов в сернокислый электролит также несколько увеличивает предельный ток и скорость осаждения меди, а также смещает потенциал начала осаждения металла в область положительных значений.

В сульфат-хлоридных средах в результате образования комплексных ионов $CuCl_2^-$ и $CuCl_3^{2-}$ концентрация Cu^+ увеличивается. По этой причине при анодном растворении оловянистой бронзы ионизация меди идет по двум механизмам: в одну стадию до двухвалентного состояния и стадийно с образованием одновалентной меди и ее окислением до двухвалентного состояния. Установлено, что

устойчивость одновалентного состояния меди растет при увеличении концентрации ионов хлора в растворе, и в солянокислых растворах ионизация меди идет преимущественно с образованием устойчивых комплексов Cu^+ .

Проведенные исследования показали, что в растворах кислот катодное осаждение металлических составляющих оловянистой бронзы происходит на предельных токах. Ограничение скорости катодного процесса предельными токами обусловлено низким содержанием разряжающихся ионов металлов и приводит к их совместному разряду с образованием дисперсных осадков. Необходимо отметить, что проведение катодного процесса на предельных токах затрудняет получение чистых порошков в случае присутствия в растворе нескольких металлических компонентов.

С целью извлечения меди в виде компактных катодных осадков проводились исследования в электролитах с повышенным содержанием ионов меди.

Установлено, что при растворении оловянистой бронзы в медно-сульфатном сернокислом электролите максимальная скорость катодного осаждения меди на титане увеличивается от 20 до 220 г/(м²·с) при увеличении содержания ионов меди от 2,5 до 25 г/л. При более высоких концентрациях ионов меди в растворе существенно усиливается солевая пассивация поверхности анода.

Введение в медносульфатный сернокислый электролит депассиваторов (5–10 г/л хлорид-ионов), комплексообразователей (10 г/л аммиака; 10 г/л Трилона Б) не только позволяет достичь максимальных скоростей анодного растворения сплава Cu–Sn, но и существенно интенсифицировать катодный процесс с получением более компактных осадков меди. При этом энергозатраты при осаждении меди снижаются на 20–30%, что объясняется разрядом хлоридных комплексов одновалентной меди.

При повышении температуры электролита возрастает растворимость исходных компонентов и продуктов электродной реакции. Это приводит к существенному уменьшению пассивации анодов и позволяет применять более концентрированные растворы. Кроме того, с ростом температуры увеличивается электропроводность электролита, что, в свою очередь, приводит к значительному уменьшению общего напряжения электролиза и снижению удельных энергозатрат на извлечение меди. В ходе хроновольтамперметрических исследований также установлено, что повышение температуры приводит к значительному увеличению предельных токов осаждения металлов. Так, в сернокислом электролите меднения предельные токи осаждения меди увеличиваются от 6,5 до 8,7 А/дм² при увеличении температуры от 20 до 300С.

Установлено, что перемешивание электролита способствует устранению диффузионных ограничений, выравниванию концентрации ионов металла в приэлектродных областях и в объеме электролита, уменьшению поляризации и увеличению предельных токов осаждения катодного выделения меди.

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность использования электрохимических методов для выделения меди из лома и отходов инструментального производства на основе оловянистой бронзы.

УДК 625.7

Исследование составов вяжущих материалов холодного отверждения на основе мочевино-формальдегидной смолы

Студент гр. 104617 Заболотная Е.Б.

Научные руководители – Шнып И.А., Лукьянова Р.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Объектом исследования являлась мочевино-формальдегидная смола марки КФЖ, ГОСТ 14231.

Смола представляет собой однородную подвижную суспензию светло-желтого цвета. Массовая доля сухого остатка (67 ± 2)% регламентируется время желатинизации при 100⁰С – 40-60 с (т.е. при нагревании). Отвердевание при обычной температуре не констатируется.

В качестве наполнителя применяли щебень (Микашевичи).

В качестве отвердителя холодного способа применяли шавелевую кислоту (НООС-СООН) в трех вариантах: а) в сухом виде; б) в виде водного раствора (min H₂O) при комнатной температуре; в) в виде заранее приготовленного 10%-ного водного раствора (отмеряли в в объеме).

В качестве пластификатора для некоторых составов использовали поливинилацетатную эмульсию (клей ПВА-М) (ТУ-2385-006-0295619-96). Химический завод «Луч» Россия, 150029, г. Ярославль.

Ниже (в таблице 1) приведены исследованные составы.

Таблица 1 – Исследованные составы

№ п/п	$m_{\text{щебня}}$ (г)	$m_{\text{смоля}}$ (г)	$m_{\text{отвердителя}}$ (в сухом виде)
1	100	12	1
2	100	15	1
3	100	20	1

Отвердевание при обычной температуре проходило быстро (10 – 15 минут), но при разломе образцов визуально было неравномерное распределение твердой фазы щавелевой кислоты.

Следующие составы (таблица 2) готовились с введением пластификатора, поливинилацетатной эмульсии (ПВА).

Таблица 2 – Составы, приготовленные с введением пластификатора, поливинилацетатной эмульсии (ПВА)

№ п/п	$m_{\text{щебня}}$ (г)	$m_{\text{смоля}}$ (г)	$m_{\text{ПВА}}$ (г)	$m_{\text{отв.}}$ (г) в min H ₂ O	Время отверждения
1	100	12	9	0,3	Не твердеет (недостаток отвердителя)
2	100	12	9	0,8	Не затвердевает в течение 3-х час.
3	100	12	3	0,5	Затвердевает за 10 минут
4	100	12	9	1,2	Затвердевает за 10-15 минут
5	100	14	6	0,5	Затвердевает за 30 минут
6	100	14	3	0,5	Затвердевает за 10-15 минут
7	100	10	5	0,5	Не затвердевает
8	100	12	5	0,5	Не затвердевает в течение 1 часа
9	100	12	10	0,2	Не затвердевает в течение 1 часа
10	100	12	9	2	Затвердевает в течение 10-15 мин.
11	100	12,3	9	без отверд.	Не затвердевает
12	100	12	9	0,5	Не затвердевает

Анализируя приведенные данные, можно выбрать оптимальный состав вяжущего материала с требуемым временем отверждения.

УДК 625.7

Изучение впитывания промышленных гидрофобных жидкостей пористой керамикой

Студент гр. 104217 Бабицкая Д.В.

Научный руководитель – Шункевич В.О.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Было приготовлено 5 составов гидрофобной жидкости:

Компоненты: 100г воды, 20г силоксановой жидкости (от 1 до 5г) с плотностью $\sim 0,25\text{г/см}^3$

Методика: в химический термостойкий стакан объемом около 200см³ наливаем 100г дистиллированной воды ($t \sim 80^\circ\text{C}$) и при постоянном перемешивании добавляем 1-5г...мыла ($\rho \sim 0,25\text{г/см}^3$). После образования однородной системы постепенно добавляем 20г силоксановой жидкости (ПМС-200) при постоянном перемешивании на магнитной мешалке без подогрева. После добавления ПМС-200 система становилась однородной примерно через 3-35мин в зависимости от концентрации мыла.

При прекращении перемешивания наблюдается расслаивание системы.

В следующем опыте состав 1 разбавили водой в 10раз. Образовалась эмульсия, в которой не замечалось расслоения через 12 часов, однако сверху наблюдалось присутствие небольшого слоя мыла.

В дальнейших опытах предполагается уменьшать количество добавленного калиевого мыла и контролировать время расслоения эмульсии

Количество гидрофобной жидкости в опытах: 2,5мл; количество воды $\sim 0,2\text{мл}$ (1 капля).

Название гидрофобной жидкости	Время впитывания в пластинку, мин	Время водопоглощения после пропитки
Аквафин-Ф	35	2ч22мин
Аквафин-СМК	35	1ч10мин
Аквафин-СМК	9	27мин
Разведский(1:11)		

При изучении гидрофобизации тканей они были пропитаны гидрофобизирующими жидкостями: гидроперм SRHA и церофил GTF. После нагревания образцов ткани до температуры ~ 120-170°C на поверхности ткани образовались покрытия, не пропускающие воду.

Проведена гидрофобная обработка 5 образцов тканей, 1 образца кожи, 2 образцов стекла водным раствором аминополисилоксана.

Методика: Исходный раствор подкислен уксусной кислотой до pH ~ 4-5. В раствор погружены образцы, выдержаны 2 часа, просушены на воздухе, приглажены утюгом.

Гидрофобность изделий проводилась по ГОСТ(0834-76).

Гидрофобизированная ткань натягивалась на стакан диаметром 100-120мм таким образом, чтобы в середине стакана было углубление глубиной не менее 80мм. В это углубление наливаем 100см³ дистиллированной воды при комнатной температуре. 1-ая капля воды падала в стакан не менее чем через 3ч после налива, что соответствовало требованиям настоящего стандарта.

УДК 666.11.01:666.123.2/3 (476)

Разработка составов полуфриттованных цветных глазурей для декорирования плиток для полов с использованием минерального сырья Республики Беларусь

Студентка гр.9 Кастрицкая Н.А.

Научный руководитель – Мазура Н.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящих исследований являлось изучение возможности получения цветных глазурей для декорирования плиток для полов, в которых в качестве окрашивающего компонента использовалось новое потенциально перспективное минеральное сырье Республики Беларусь – габбро.

Габбро Аргеловщинского месторождения (д. Аргеловщина, Столбцовский р-н, Минская обл.) представляет собой промежуточную породу между амфиболовым габбро и среднезернистым магнетитсодержащим габбро переменного состава. Фазовый состав представлен следующими минералами: плагиоклазам, апатитом, биотитом, сфеном, магнезитом, пиритом и кварцем. Химический состав породы, проведенный с помощью микрозондового анализа, представлен следующими оксидами, мас. %: SiO₂ 51,1; Al₂O₃ 20,5; Na₂O 6,4; K₂O 1,6; CaO 5,7; MgO 2,7; TiO₂ 0,4; Fe₂O₃ 11,6. Сравнительно высокое содержание оксида железа и позволило предположить хорошую окрашивающую способность габбро, помимо этого они характеризуются наличием необходимых для получения стеклокристаллических покрытий оксидов: SiO₂, Al₂O₃, RO, R₂O.

Исследование проводилось в системе сырьевых компонентов «фритта – габбро – песок кварцевый – доломит – глинозем – каолин» с последующим определением оптимальной области составов.

Опытные глазури готовились совместным мокрым помолом составляющих компонентов в шаровой мельнице, наносились методом полива на высушенные до остаточной влажности не более 1 % полуфабрикат плиток для полов с последующим обжигом при температуре 1200 °С в лабораторной муфельной электрической печи.

Цветные глазури, синтезированные в указанной системе сырьевых компонентов, обладали преимущественно серо-коричневой цветовой гаммой различных оттенков, матовой фактурой. Они имели следующие показатели физико-химических свойств и декоративно-эстетических характеристик: микротвердость – 6000 – 7300 МПа; ТКЛР (53 – 58)·10⁻⁷ К⁻¹; твердость по шкале Мооса 5,5 – 7; блеск 6–12%; преобладающая длина волны 510–574 нм; светлота 35,1–35,5%; чистота тона 18–20 %; термостойкость – 125 – 200 °С; по химической устойчивости покрытия соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Изучение фазового состава покрытий методом рентгенофазового анализа показало, что он представлен гексагональными образованиями маггемита (Fe, Ti)₂O₃, триклинным анортитом CaAl₂Si₂O₈ и моноклинным герцинитом (Fe, Al)₂O₄, причем насыщенные коричневые тона обеспечивались, по-видимому, маггемитом и герцинитом. Повышение содержания габбро в составе сырьевой композиции ведет к увеличению интенсивности дифракционных максимумов маггемита и герцинита, с чем и связано увеличение интенсивности окраски покрытий.

Таким образом, установлено, что использование габбро в составе сырьевой композиции полуфриттованных глазурей позволит расширить их палитру, кроме этого При масштабном выпуске цветных износостойких плиток для полов будет снижена их стоимость за счет использования в шихтовых глазурных композициях недефицитных компонентов, превращенных в полезную сырьевую составляющую.

Кирпич как стеновой материал занимает доминирующее положение благодаря доступности сырья, отсутствию необходимости в металле, долговечности возводимых из него зданий и их архитектурной выразительности, а также комфортности жилья. За эталон комфортности зданий (по двадцатибалльной шкале) принята стена из деревянного бруса – 1 – 2 балла, из керамического кирпича – 3 – 4 балла, из ячеистого бетона – 6 – 7 баллов, из силикатного кирпича – 10 – 12 баллов, из железобетона – 18 – 20 баллов. В настоящее время широко осваивается выпуск эффективной пустотелой продукции, которая должна постепенно заменять традиционный полнотелый кирпич. Это позволит не только экономить сырьё, но и уменьшать толщину и массу наружных стен без снижения их теплозащитных свойств, а также создавать облегчённые конструкции панелей для индустриализации строительства.

Известны следующие способы образования высокопористой структуры: использование естественной пористости сырьевых материалов, повышенное водозатворение формовочной массы, введение выгорающих добавок, пенообразование, газообразование, вспучивание при нагревании. Кроме этого, для повышения пористости керамических материалов применяют разные приемы: использование узкофракционных зерен заполнителя; введение и последующее удаление добавки; использование волокнистых материалов; вспучивание в ходе термической обработки; использование полимерного пористого заполнителя.

Целью нашей работы являлась разработка составов керамических масс для получения поризованных стеновых материалов путем введения выгорающих добавок, в качестве которых использовались отходы производства.

Для выполнения поставленной цели необходимо решение следующих задач: исследование влияния различных порообразующих добавок (древесных опилок, древесной золы, отходов формальдегидных смол и костры льна) на физико-химические свойства поризованных керамических материалов; исследование влияния температуры обжига на физико-химические свойства и структуру стеновых материалов; оптимизация рецептур масс для изготовления керамического кирпича с улучшенными теплофизическими свойствами.

Наибольшее распространение получил метод введения выгорающих добавок. Наши исследования проводились на образцах, синтезированных на основе керамических масс, в которых в качестве пластичного компонента использовалась глина месторождения «Гайдуковка» (Молодеченский р-н), в качестве отошителя – отходы формовочных смесей (отходы литейного производства ОАО «Минский автомобильный завод» и РУП «Минский тракторный завод»), а в качестве выгорающих добавок – костра льна, отходы формальдегидных смол, древесные опилки и древесная зола. Количество глины и ОФС во всех составах масс оставалось постоянным, а получение пористой структуры достигалось варьированием содержания вышеуказанных добавок.

Возможность использования в качестве порообразователя костры льна, представляющей собой отход от первичной переработки льна-долгунца, обусловлена высоким содержанием в ней пентозанов (до 25 %) и целлюлозы (до 36 %).

Отходы фенолформальдегидных смол (олигомеры) являются отходами предприятия «Гродно-Химволокно», имеющие консистенцию густой массы, хорошо смешиваются с водой и частично с органическими растворителями. В состав отходов входят органические вещества – фенолформальдегидные смолы, латекс, низкомолекулярные соединения капролактама (82 %), неорганические вещества – 4,3 %.

Зола древесная является отходом при сжигании в топках в качестве топлива древесины. Она представляет собой мелкодисперсную массу светло-серого цвета с крупными включениями не прогоревшей древесины. Опилки древесные образуются при распиливании древесины, а их размеры зависят от вида режущего инструмента, скорости резания и скорости подачи обрабатываемого материала. Поризация структуры изделий двумя последними компонентами обеспечивается за счет интенсивного газовыделения при их горении.

Синтез материалов осуществлялся методом пластического формования при влажности массы 17–19 % по классической керамической технологии. Образцы изготавливались в виде кирпичиков размером (58x30x15) мм методом ручной набивки пластической массы в металлические формы, а также с целью измерения теплопроводности – таблеток диаметром 15 мм и высотой 5 мм. После сушки образцов при температуре 80 – 90°C они подвергались обжигу в лабораторной муфельной печи при температурах 950, 1000 и 1050 °C с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

На опытных образцах проводилось определение следующих свойств: плотность, пористость, водопоглощение, линейная усадка, предел прочности при изгибе. Кроме того, с целью изучения закономерностей поведения керамических масс в процессе термообработки проведен их дифференциально-

термический анализ; а для выявления взаимосвязи свойств со структурой синтезированных материалов – рентгенофазовый анализ и оптическая микроскопия.

В результате исследования зависимости вышеприведенных свойств от температуры обжига установлено, что по мере повышения температуры термообработки от 950 до 1050°C наблюдается закономерное уменьшение водопоглощения в среднем от 40–48 % до 20–27% %; открытой пористости от 42–52 % до 15–28 % при одновременном повышении механической прочности от 2–4 МПа до 6–10 МПа, что обусловлено интенсификацией процессов спекания за счет увеличения количества стекловидной фазы, способствующей формированию более плотной структуры образцов.

Значение коэффициента теплопроводности составляло 0,4 – 0,15 Вт/(м·К), уменьшаясь по мере увеличения порообразующих добавок в составе массы, причем наиболее эффективным компонентом является костра льна, вводимая в количестве 5 %.

Изучение морозостойкости синтезированных образцов позволило сделать следующие выводы. При введении добавок до 5 % материалы можно отнести к марке F 35, то есть они выдерживают 40 циклов попеременного замораживания и оттаивания; при дальнейшем увеличении их количества морозостойкость несколько снижается до марки F 25.

Исследование фазового состава синтезированных образцов методом рентгенофазового анализа позволило выявить присутствие дифракционных максимумов α -кварца, гематита и анортита, относительная интенсивность которых практически не зависит от состава массы, наблюдается некоторое увеличение интенсивности максимумов анортита при повышении температуры обжига, что свидетельствует о его кристаллизации из расплава и подтверждается соответствующим максимумом на кривой дифференциально-термического анализа.

Изучение структуры опытных образцов осуществлялось с помощью оптического микроскопа со встроенной аналого-цифровой фотокамерой. В основной массе черепка преобладает аморфизированное глинистое вещество, насыщенное оксидами железа, что определяет цвет черепка на снимках. На всех снимках отчетливо видны поры. Образец, в состав которого входили опилки, имеет глубокие вытянутые поры, в них отчетливо видны отпечатки древесных волокон. Образцы, в состав которых входила костра льна, имеют крупные неравномерно распределенные поры продолговатой формы. Материалы, в состав которых входила древесная зола, имеют мелкие равномерно распределенные поры округлой формы.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена возможность получения эффективного кирпича при введении выгорающих добавок в количестве 2,5–5,0 % и температуре синтеза 1000 оС, обладающего высоким комплексом механических и теплоизоляционных свойств.

УДК 666.3.022

Получение тугоплавких керамических материалов на основе алюмосиликатного сырья Республики Беларусь

Студент гр. 9 Парфимович Н.Л.
Научный руководитель – Дятлова Е.М.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Отопление как средство создания необходимых комфортных условий возникло в древнейшие времена и с тех пор является спутником человека на пути цивилизованного развития. Огонь в печи или камине создает в доме особый климат спокойствия. Но не следует одновременно забывать о том, какую угрозу несет в себе огонь. Исследования причин гибели и травматизма людей на пожарах, выполненные в НИИ пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь, показали, что большинство пожаров происходит из-за некачественных кладочных материалов, применяемых в строительстве бытовых печей. Установлено, что термостойкость выпускаемого в настоящее время керамического кирпича не превышает в ряде случаев нескольких теплосмен, что может быть обусловлено неправильным подбором сырьевых компонентов и их зерновых составов, обжигом изделий при температуре, не обеспечивающей достаточную термостойкость и другими факторами.

Исследования термостойкости кирпича, выпускаемого предприятиями РБ, наименьшее количество циклов нагрева и резкого охлаждения выдержали изделия, где в качестве отошителя использован кварцевый песок и гранитные отсевы. Это обусловлено тем, что кварц подвержен полиморфным превращениям с изменением объема, что создает термические напряжения в материале. Гранитные отсевы способствуют образованию стеклофазы с ТКЛР, отличным от аморфизированной кристаллической матрицы, что также снижает термостойкость образцов.

В этой связи возникает необходимость в разработке сырьевых масс и технологических параметров получения керамического кирпича с целью повышения его термических свойств. Улучшение эксплуатационных характеристик может быть достигнуто за счет регулирования химико-минералогического состава применяемого глинистого сырья, введения специальных добавок, оптимизации зернового состава массы, параметров формования и термической обработки.

На основе анализа термических свойств и структурных особенностей природного алюмосиликатного и техногенного сырья определены пределы содержания компонентов шихтовых композиций. Для синтеза первой серии опытных образцов материалов использовались по отдельности тугоплавкая глина месторождения «Городное» (70–90 %) и легкоплавкая глина месторождения «Лукомль» (30–35 %), а также их смесь 1:1 (по массе). В качестве отощителей применялись дегидратированная глина месторождения «Городное», дегидратированная глина месторождения «Лукомль», шамот алюмосиликатный и гранитные отсевы. Все отощители вводились в количестве от 10 до 30 %.

Вторая серия опытных образцов синтезирована на основе различных сочетаний огнеупорной глины месторождения «Городное», каолина месторождения «Ситница» и ряда легкоплавких глин месторождений «Лукомль», «Осетки» и «Гайдуковка», которые используются на отечественных предприятиях в настоящее время. Вид отощителей ограничивался алюмосиликатным шамотом и дегидратированной глиной.

Установлены закономерности степени спекания и изменения основных свойств керамических материалов от шихтового состава композиций, а также химико-минералогического состава глинистого сырья. Так, при использовании легкоплавких глин месторождений «Осетки» и «Лукомль» количество расплава при обжиге увеличивается, что обусловлено их химическим составом; в этих глинах содержание щелочных и щелочноземельных оксидов гораздо выше, чем в глине «Городное». Это способствует уменьшению водопоглощения и открытой пористости, увеличению кажущейся плотности.

Предел прочности при изгибе опытных образцов составлял 3,5 – 20,2 МПа, а при сжатии – (10,5 - 53,4) МПа. Наибольшее значение ТКЛР имеют образцы серии КГ на основе каолина «Ситница» и глины месторождения «Городное» (8,58·10⁻⁶К⁻¹), а наименьшее – образцы серии ОГ на основе глин месторождений «Осетки» и «Городное» (4,61·10⁻⁶К⁻¹), что обусловлено химическим и фазовым составом образцов.

В процессе эксплуатации в печах бытового и другого назначения кирпич подвергается нагреву и охлаждению, которые сопровождаются неравномерным изменением объема, что вызывает возникновение термических напряжений, приводящих в конечном итоге к разрушению кладки печи. В связи с этим было проведено исследование поведения материалов в процессе резкого термоциклирования более жесткого, чем условия эксплуатации в печи (нагрев до 800 °С и резкое охлаждение в воде).

Полученные данные свидетельствуют о том, что образцы разных серий ведут себя при термоциклировании неодинаково: у образцов, содержащих глину месторождений «Городное» и «Гайдуковка» (серия ГГ), а также на основе каолина «Ситница» и глины месторождения «Городное» (серия КГ), водопоглощение на первых циклах практически не изменяется, а затем несколько повышается. Для образцов серий ЛГ и ОГ сначала наблюдается некоторое снижение водопоглощения и открытой пористости за счет продолжающихся процессов спекания при нагреве, так как глины месторождений «Лукомль» и «Осетки» содержат меньше кварцевых включений и более склонны к спеканию. После 15 циклов наблюдается небольшой рост указанных показателей, поскольку в образцах появляются термические трещины. Все опытные образцы выдержали 20 циклов термоциклирования без разрушения.

На основании результатов проведенных исследований выбраны оптимальные составы материалов для получения кирпича с повышенными термомеханическими характеристиками. Свойства образцов оптимальных составов приведены в таблице.

Таблица – Свойства образцов оптимальных составов

Наименование показателя	Шихтовой состав и значения показателя		
	Глина «Лукомль» –35%, глина «Городное» –35%, шамот алюмосиликатный – 30%	Глина «Гайдуковка» 20%, глина «Городное» –50%, шамот алюмосиликатный – 30%	Глина «Осетки» –30%, глина «Городное» – 50%, шамот алюмосиликатный – 20%
Температура обжига, °С	1100	1100	1100
Термостойкость, циклов	более 20	более 20	более 20
ТКЛР·10 ⁶ , К ⁻¹	6,3	4,46	4,73
Водопоглощение, %	12,7	11,46	6,95
Кажущаяся плотность, кг/м ³	1956	2199	2276
Открытая пористость, %	24,82	25,20	15,82
Предел прочности при сжатии, МПа	20,2	40,44	57,57

Установлено, что лучшими показателями термостойкости обладают материалы на основе сочетания тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Гайдуковка», «Осетки» и «Лукомль» и шамота алюмосиликатного.

В результате проведенной работы установлена возможность получения термостойких керамических материалов, обладающих сравнительно низкими значениями термического расширения, при достаточно высоких показателях механической прочности и плотности, что предопределяет возможность использования их для строительства бытовых печей с повышенным сроком эксплуатации.

УДК 666.321

Получение объемно-окрашенного керамического кирпича путем сочетания глин различного минералогического состава

Студентка 9 гр. Свибович А.Н.
Научный руководитель – Бирюк В.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В настоящее время существует значительное количество предприятий специализирующихся на выпуске кирпича керамического, но, несмотря на это, интерес к исследованиям в области получения новых цветов и оттенков стеновых изделий, предотвращение неоднородности окраски кирпича, улучшения физико-химических свойств материалов всё время возрастает.

Целью настоящей работы явилось разработка составов масс и технологии получения лицевого керамического кирпича на основе местных глин. В качестве способа получения окрашенного кирпича был выбран наиболее доступный технологический прием – сочетание глин различного минералогического состава. Для этого выбраны глины месторождения «Городное» и «Туровское», а в качестве добавок – кварцевый песок «Добруш» и гранитоидные отсеvy «Микашевичи».

Гранитоидные отсеvy месторождения «Микашевичи» – отходы горнодобывающей промышленности. Они представлены среднезернистыми разностями розовато-серого цвета. Химический состав представлен наличием следующих оксидов, мас. %: SiO_2 – 65,70; Al_2O_3 – 15,08; TiO_2 – 0,45; Fe_2O_3 – 5,36; CaO – 4,20; MgO – 1,60; Na_2O – 3,52; K_2O – 2,77; п.п.п. – 1,32.

Минералогический состав гранитоидов представлен плагиоклазом, кварцем, биотитом, микроклином, единичными зёрнами амфибола.

Изучена широкая область составов масс, ограниченная содержанием указанных компонентов в следующих пределах, мас. %: глина «Городное» – 20-80, глина «Туровское» – 20-80, кварцевый песок «Добруш» – 10-20, гранитоидные отсеvy «Микашевичи» – 0-10.

Опытные образцы были изготовлены по традиционной пластической технологии. Отформованные образцы подвяливали в течении суток, высушивали в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °С и обжигали в электрической печи при температурах 950°С, 1000°С, 1050°С.

Определение окраски материалов проводилось визуально по криминалистическому атласу цветов, путем сопоставления цвета образца с эталонной карточкой. Так при температуре обжига 1000 °С, образцам с максимальным содержанием глины «Городное» соответствовала красно-кремово-оранжевая окраска, а с максимальным содержанием глины «Туровское» – розово-желтая.

Отмечено также положительное влияние гранитоидных отсевов на основные эксплуатационные характеристики керамических материалов, которые предопределяют их использование в качестве стеновых изделий. Так, усадка находится в пределах 9 – 11,5%. По результатам опытов видно, что образцы, имеющие в своем составе гранитоидные отсеvy, спекаются лучше, их водопоглощение не превышает 10,94%, а открытая пористость – 21,99%, кажущаяся плотность – 2010 кг/м³. С увеличением температуры обжига, водопоглощение также уменьшается, соответственно уменьшается открытая пористость и увеличивается кажущаяся плотность.

Определение опытных образцов на морозостойкость показало, что они могут выдерживать около 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что соответствует марке морозостойкости F 50.

Основными кристаллическими фазами, присутствующими в образцах оптимального состава является α -кварц, гематит и анортит. Именно формирование гематита придает образцам красно-оранжевую окраску.

На основании результатов проведенных исследований выбраны оптимальные составы материалов для получения керамического кирпича с улучшенными эксплуатационными свойствами и хорошими цветовыми характеристиками.

УДК 621.30

Исследование возможности электрохимической утилизации электролита химического никелирования

Студентка 11 группы факультета ХТиТ Пашкович М.А.
Научный руководитель – Черник А.А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является оценка возможности электрохимической утилизации электролитов химического никелирования с электролитическим извлечением никеля на катоде и окислением фосфитов на аноде.

Вследствие своих специфических свойств покрытия на основе химически осажденного никеля находят применение во многих отраслях машиностроения и приборостроения: для покрытия металлических изделий сложного профиля; для увеличения износостойкости трущихся поверхностей деталей машин; для повышения коррозионной стойкости в среде кипящей щелочи и перегретого пара; для замены хромового покрытия (с последующей термической обработкой химического никеля), чтобы использовать вместо коррозионно-стойкой стали более дешевую сталь, покрытую химическим никелем; для никелирования крупногабаритной аппаратуры; для покрытия непроводящих материалов, пластмасс, стекла, керамики и т.п.

Электролиты химического никелирования имеют ограниченный срок службы и после 10 циклов осаждения требуют замены и утилизации. В процессе химического никелирования состав раствора все время меняется: уменьшается количество гипофосфита и увеличивается содержание фосфитов, что оказывает отрицательное действие на работоспособность и стабильность раствора, а также влияет на содержание фосфора в покрытии.

Основным способом регенерации отработанного электролита является химический способ с выделением в виде осадка фосфита и гидроксида никеля. Однако, отработанные электролиты содержат до 15 г/л по никеля, который можно электрохимически извлечь в виде металлического покрытия. Раствор также может содержать 300 г/л фосфита натрия.

В результате исследований был проведен цикл электрохимических исследований свежеприготовленного и отработанного электролитов химического никелирования. Исследования проводились в электролизере с ионообменной мембраной при различных плотностях тока и температуре электролита 50 °С. В качестве анода использовался диоксид свинца с целью окисления фосфитов и гипофосфитов, имеющих в растворе. В качестве катода использовалась никелевая пластинка. Соотношение площади катода и анода было 20:1.

Электролиз проводили в течении 3 часов при анодных плотностях тока 5, 7.5, 10, 15 А/дм². Объемная плотность тока была соответственно 1.3, 1.9, 2.6 и 3.9 А/дм³. В процессе электролиза проводился колориметрический анализ на содержание гипофосфита и никеля в катодной и анодной камерах электролизера.

Установлено, что с течением времени концентрация гипофосфита в анодной камере электролизера уменьшалась, что свидетельствует о протекании процесса окисления гипофосфит-аниона H_2PO_2^- до фосфит-аниона HPO_3^- . На катоде наблюдалось достаточно активное осаждение никеля. При этом с течением времени выход по току никеля увеличивался при всех рабочих плотностях тока. Максимальный выход по току был получен при катодной плотности тока 0,75 А/дм² (объемная плотность тока в катодной камере составила 3,9 А/дм³) и составил 46 %. За время электролиза концентрация никеля в катодной камере снизилась на 2 г/дм³.

УДК 678.01:537.222.24

Композиции ПЭВД с антистатическими свойствами длительного действия

Студентка 1 гр. Кушнир Н.С.
Научный руководитель – Мануленко А.Ф.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью данной работы является получение материалов с антистатическими свойствами длительного действия на основе ПЭВД для производства емкостей с пролонгированным сроком хранения ЛВЖ.

Полимеры обладают хорошими диэлектрическими свойствами, что характеризует их способность к накоплению статического электричества, возникающего обычно при трении двух материалов. Трение смещает равновесие электронов в веществе; один из материалов при этом теряет электроны и заряжается положительно, другой – принимает электроны и заряжается отрицательно. При контакте с проводящими материалами происходит разряд в виде искры. Низкая влажность воздуха способствует возникновению статического электричества.

Накопление статистического электричества в полимерных материалах можно предотвратить или снизить несколькими способами:

- 1) введением в полимер антистатиков,
- 2) введением в полимер электропроводящих наполнителей (технического углерода, графита, мелкодисперсного металла или окислов металла),
- 3) нанесением на поверхность слоя электропроводящего лака,
- 4) использованием электропроводящих высокомолекулярных соединений (например, полианилина, полипиррола, политиофена и поли-3,4-этилендиокситиофена (ПЭДТ)).

В зависимости от химической природы антистатика можно разделить на краткосрочные, действие которых начинается уже в процессе изготовления изделия, но продолжается недолгое время (2-5 дней), и длительного действия, полная миграция на поверхность занимает 2-3 дня, но срок действия их в изделии - 6-12 месяцев. В связи с этим разграничиваются области применения антистатиков с различными сроками действия:

1) При производстве упаковочных материалов; для уменьшения образования пыли и других загрязнений на поверхности потребительских товаров. При переработке полимеров: для реализации мер, направленных на предотвращение электризации смол, при операциях загрузки и транспортировки в перерабатывающих машинах.

2) В электротехнической промышленности и электронике: для безопасности при работе в целях предотвращения возникновения токопроводящих цепей и короткого замыкания. В промышленности: общие меры безопасности для предотвращения проблем, связанных с накоплением статистического электричества, например, опасности взрыва пыли, при работе с воспламеняющимися жидкостями и т.д.

По другой классификации все антистатика делятся на две большие группы: внутренние и наружные. Наружные антистатика наносятся на поверхность изделия. Они быстро уносятся с поверхности, тем самым требуя постоянного обновления покрытия. В качестве наружных антистатиков используются преимущественно поверхностно-активные вещества (ПАВ). В качестве внутренних антистатиков могут применяться проводящие неорганические наполнители, например сажа, порошки металлов или углеродные волокна, те же ПАВ.

Антистатика представляют собой широкий спектр соединений:

- азотсодержащие соединения (длинноцепные амины, амиды или соли четвертичных аммониевых оснований);

- сульфокислоты и алкиларил сульфонаты;
- многоатомные спирты и их производные;
- производные полиэтиленгликоля;
- этоксилированные соединения.

Для проведения исследований были изготовлены литьем под давлением стандартные образцы в виде дисков (диаметр 100 мм, толщина 2 мм) из композиций на основе полиэтилена марки 15803-020 ГОСТ 16337-77, содержащих различную концентрацию антистатиков. В соответствии с ГОСТом диски не должны иметь царапин, утолщений, вздутий, трещин и других дефектов и загрязнений. Перед испытанием образцы были выдержаны при 20°C и 65%-й относительной влажности в течение 24 ч. В работе были исследованы следующие марки антистатиков: ПО АЭ-23, 10053-А, АЕ 50025, АЕ 50027.

Определение удельного поверхностного электрического сопротивления полимеров должно осуществляться в соответствии с ГОСТ 5433.2—71. Испытания образцов проводились на терраомметре Е6-13А. Диапазон измеряемых прибором сопротивлений от 10 до 10¹⁴ Ом.

В ходе испытаний были измерены значения удельного поверхностного электрического сопротивления образцов спустя 2 и 4 недели пребывания на воздухе и образцов, находящихся на воздухе 2 недели и затем в бензине в течение 2 недель. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследований

Концентрация добавленного антистатика, %	Образец	Удельное поверхностное сопротивление, Ом		
		ПЭВД	ПЭВД с ПО АЭ-23	ПЭВД с АЕ 50025
0	2 недели	5,23·10 ¹⁵	-	-
	4 недели	5,09·10 ¹⁵	-	-
	В бензине	5,09·10 ¹⁵	-	-
1	2 недели	-	2,53·10 ¹³	4,3·10 ¹³
	4 недели	-	7,21·10 ¹⁴	1,44·10 ¹⁴
	В бензине	-	1,27·10 ¹⁴	4,03·10 ¹³
2	2 недели	-	1,58·10 ¹³	7,63·10 ¹³

	4 недели	-	$2,54 \cdot 10^{14}$	$5,94 \cdot 10^{13}$
	В бензине	-	$1,06 \cdot 10^{14}$	$2,76 \cdot 10^{13}$
3	2 недели	-	$2,23 \cdot 10^{13}$	$3,46 \cdot 10^{11}$
	4 недели	-	$4,24 \cdot 10^{13}$	$1,27 \cdot 10^{12}$
	В бензине	-	$1,00 \cdot 10^{16}$	$4,67 \cdot 10^{14}$
4	2 недели	-	$3,17 \cdot 10^{13}$	$2,12 \cdot 10^{11}$
	4 недели	-	$4,24 \cdot 10^{13}$	$3,18 \cdot 10^{12}$
	В бензине	-	$5,51 \cdot 10^{15}$	$2,54 \cdot 10^{15}$

Значение удельного поверхностного сопротивления образцов на воздухе имеет незначительное увеличение с течением времени. Эффективность антистатика не зависит от среды (воздух, бензин), так как значения поверхностного сопротивления образцов в бензине мало отличаются от значений образцов на воздухе, т.е. вымывание антистатика не происходит. Оптимальная концентрация – 2%.

Литературк

1. В.С. Криков, Л.А. Колмакова Электропроводящие полимерные материалы. М.: Энергохимиздат, 1984. – 176 с.
2. Электропроводящие полимеры/ С.Кирхмейер, Л.Брассат// Полимерные материалы – (Kunststoffe). – 2007. – №5 – (с.6-10).

УДК 541.18.45

Пенообразующие свойства препаратов Genapol и Texaron K12G

Студ. 4 к. 7 гр. ф-та ТОВ Бурдоленко О.Н., Лукашевич Е.А.
 Научные руководители – Бондаренко Ж.В., Эмелло Г.Г.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

В настоящее время поверхностно-активные вещества широко используют в различных отраслях промышленности. Их применяют как моющие средства, флотореагенты, стабилизаторы эмульсий и пен, антистатиков и др. Широкое применение ПАВ обусловлено тем, что они способны при низких концентрациях интенсифицировать некоторые технологические процессы и придавать необходимые свойства получаемым продуктам.

Пеномоющие средства личной гигиены, содержащие в своем составе ПАВ, должны хорошо пениться, не раздражать кожу, обеспечивать хорошее удаление загрязнений и легко смываться. Эти свойства во многом определяются природой используемого ПАВ и его содержанием.

Технические требования к пеномоющим средствам определяют обеспечение определенных характеристик по пенообразующей способности и устойчивости пены. Например, для шампуней пенное число (высота пенного столба, полученного при определенных условиях) должно быть не менее 145 мм, а устойчивость пены – 80–100%.

Целью работы явилось определение пенного числа и устойчивости пен препаратов Genapol и Texaron K12G в зависимости от концентрации водных растворов. Препарат Texaron K12G представляет собой лаурилсульфат натрия, а препарат Genapol – этоксилированный лаурилсульфат натрия (степень этоксилирования 2–4). Они используются в составе различных косметических средств.

Растворы исследуемых препаратов готовили с использованием дистиллированной воды, чтобы избежать влияния солей жесткости. Концентрация растворов исследуемых препаратов находилась в интервале 0,02–50 г/л. Эксперимент проводили при температуре 18–20°C.

Определение пенообразующей способности и устойчивости пены препаратов осуществляли с использованием прибора Росс-Майлса. Этот прибор представляет собой мерный цилиндр с водяной рубашкой и стеклянной пипеткой (емкостью 200 см³), соединенной с калиброванной трубкой. Из приготовленного раствора отбирали 50 см³ и вливали в мерный цилиндр таким образом, чтобы не образовалась пена. Затем с помощью резиновой груши в пипетку вводили 200 см³ испытуемого раствора, избегая пенообразования. Пипетку с раствором закрепляли в приборе Росс-Майлса на расстоянии ее выходного отверстия 900 мм от уровня жидкости в цилиндре. Затем открывали кран пипетки и по окончании истечения жидкости включали секундомер. Через 30 сек и 5 мин измеряли высоту образовавшегося столба пены в миллиметрах.

Пенное число характеризовали как высоту столба пены (мм) через 30 сек после истечения раствора из пипетки. Устойчивость пены определяли, как отношение высоты столба пены через 5 мин к высоте столба пены через 30 сек, и выражали в процентах.

Полученные данные по влиянию концентрации и вида препарата на пенообразующую способность и устойчивость пены представлены на рисунках 1 и 2.

Как видно из представленных данных, с увеличением концентрации происходит возрастание пенообразующей способности обоих препаратов. Препарат Генарол в области малых концентраций обладает более высокой пенообразующей способностью. Это можно объяснить следующим. В состав его молекулы входят полярные оксиэтилированные группы, что повышает численное значение гидрофильно-липофильного баланса препарата по сравнению с препаратом Техарон К12G. При концентрации препаратов от 2 г/л ($\ln c = 0,693$) и выше пенные числа остаются практически постоянными и сопоставимыми (250–270 мм). Вероятно, это происходит вследствие достижения в растворах ПАВ критической концентрации мицеллообразования. Поверхностно-активные ионы ПАВ связываются в агрегаты и не принимают участия в процессе пенообразования.

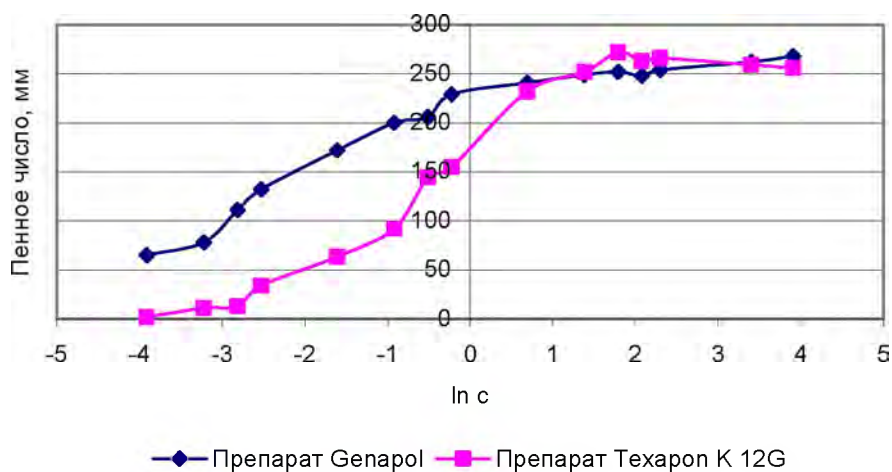


Рисунок 1 – Влияние концентрации растворов препаратов на пенное число

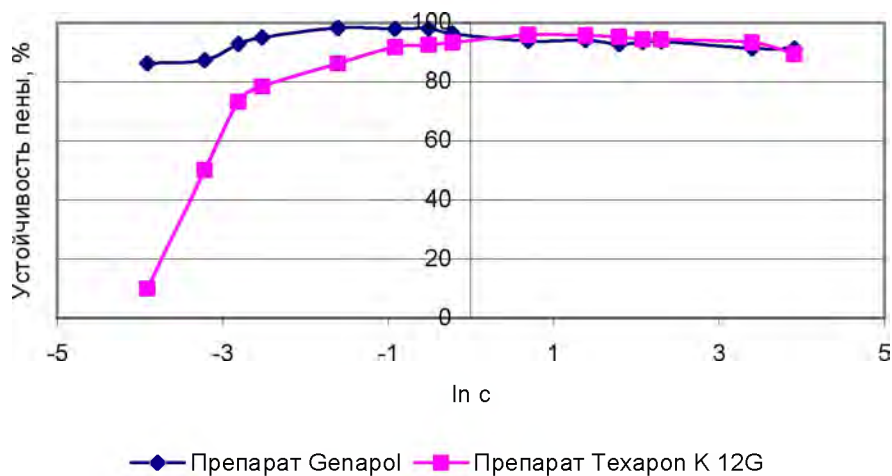


Рисунок 2 – Влияние концентрации растворов препаратов на устойчивость пены

Из рисунка 2 видно, что в области малых концентраций растворов устойчивость пен, образуемых препаратами, различна. Препарат Генарол дает очень устойчивые пены (86–99%) в области всех изученных концентраций. Устойчивость пен растворов препарата Техарон К12G в области малых концентраций незначительна. Например, при концентрации 0,02 г/л устойчивость пены не достигает 10%. С увеличением концентрации до 0,2 г/л данный показатель резко возрастает (до 86%), а при дальнейшем повышении концентрации образуются пены, которые по устойчивости сопоставимы с пенами, полученными с использованием препарата Генарол. Эти результаты можно объяснить различием в строении молекул ПАВ двух препаратов. Наличие оксиэтилированных групп в составе молекул препарат Генарол способствует дополнительной стабилизации пен за счет отличия в ориентации более полярных молекул ПАВ в поверхностном слое пленки.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что препарат Генарол обладает лучшей пенообразующей способностью и дает очень устойчивую пену при более низких концентрациях, чем препарат Техарон К12G. Поэтому его использование в составе пеномоющих средств (шампуни, гели и др.) экономически более целесообразно.

Студентка 8 гр. 1 курса ф-та ХТИТ Врублевская Е.В.

Научный руководитель – Клындюк А.И.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Слоистые купраты типа $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (R – редкоземельный элемент, РЗЭ) обладают свойством высокотемпературной сверхпроводимости, а также могут быть использованы в качестве катализаторов химических реакций и материалов для термоэлектрических преобразователей энергии. Последнее обуславливает интерес к изучению электрофизических свойств соединений $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в широком интервале температур.

В данной работе приведены результаты исследования удельной электропроводности (σ) и термоэлектродвижущей силы (термо-ЭДС, S) слоистого купрата $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

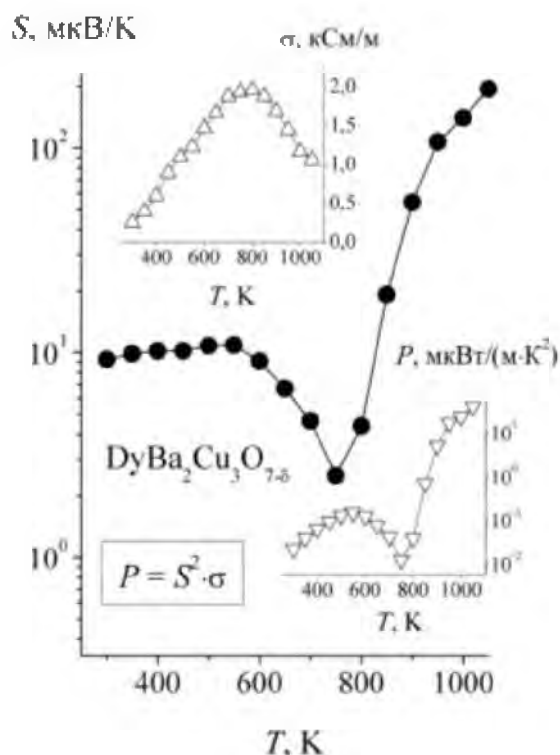


Рисунок 1 – Температурные зависимости электропроводности (σ), термо-ЭДС (S) и фактора мощности (P) керамики состава $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Спеченные керамические образцы были предоставлены Клындюком А.И. Электропроводность измеряли четырехконтактным методом на воздухе в интервале температур 300–1100 К в динамическом режиме со скоростью нагрева–охлаждения 3–5 К/мин. Термо-ЭДС керамики измеряли относительно серебра на воздухе в интервале температур 300–1100 К; градиент температур между горячим и холодным концами образца в процессе измерения поддерживали на уровне 20–25 К. По полученным значениям σ и S рассчитывали значения фактора мощности (P) керамики: $P = S^2 \cdot \sigma$.

Результаты исследований приведены на рисунке. Положительный знак термо-ЭДС ($S > 0$) указывает на то, что основными носителями заряда в купрате $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ являются «дырки», т.е. он является проводником p -типа. Характер электропроводности образца от полупроводникового ($\partial\sigma/\partial T > 0$) к металлическому ($\partial\sigma/\partial T < 0$), а термо – ЭДС начинает резко возрастать вблизи 750–800 К, что, по всей видимости, связано с выделением из образца т.н. слабосвязанного кислорода. Максимальное значение электропроводности $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ достигается при 800 К и составляет $1,96 \cdot 10^3$ См/м.

Величина фактора мощности керамики изменяется с ростом температуры, изменяется так же, как и величина S образца, проходит через минимум при температуре 750 К и при температуре 1050 К достигает значения 194 мВт/(м·К²).

Полученные в работе результаты согласуются с литературными данными и указывают на возможность использования фаз типа $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ в качестве материалов для термоэлектрических преобразователей энергии.

УДК 665.58(07)

Получение и исследование свойств мятного масла

Студ. 5 к. 7 г. ф-та ТОВ Верховская И.А., Даниленко Е.В.
Научный руководитель – Бондаренко Ж.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Последние десятилетия характеризуются повышением интереса к эфирным маслам при производстве лечебно-профилактических и косметических средств [1–2]. Использование эфирных масел в рецептурах косметических продуктов представляет собой новый виток развития данной отрасли промышленности. Это связано с тем, что, несмотря на широкое применение синтетических ингредиентов взамен натуральных, наиболее полезные свойства растительных продуктов синтетическими аналогами заменить невозможно [3]. К таким свойствам относятся витаминные, антиоксидантные, общеукрепляющие, иммуностимулирующие, тонизирующие и многие другие.

Применение эфирных масел в косметических средствах может преследовать самые различные цели – от придания приятного запаха товару или его консервации до создания или усиления основного эффекта кремов, парфюмерной продукции или моющих средств.

Целью работы было получение в лабораторных условиях мятного масла и изучение его свойств для последующего использования в косметических средствах.

Существуют различные методы получения эфирных масел из эфиромасличного сырья [4], но наибольшее развитие получила отгонка с паром. Сущность метода заключается в том, что при обработке эфиромасличного сырья паром компоненты эфирных масел переходят в паровую фазу и в смеси с парами воды направляются на конденсацию, а затем на отделение от воды. Разновидностями данного метода являются водная перегонка (гидродистилляция), водно-паровая перегонка, паровая перегонка.

При гидродистилляции эфиромасличное сырьё загружают в аппарат, заливают водой и кипятят, используя только наружный обогрев глухим паром. Эфирное масло отгоняется с парами кипящей воды. При водно-паровой перегонке эфиромасличное сырьё заливают водой и кипятят, одновременно подавая в аппарат острый пар. Наружный обогрев осуществляется глухим паром [5]. Паровая отгонка наиболее распространённый способ переработки эфиромасличного сырья. Сущность способа заключается в том, что сырьё обрабатывается острым паром повышенного давления. При повышенном давлении и температуре в паровой фазе возрастает содержание душистых компонентов и в 2–3 раза сокращается время переработки трудно перерабатываемых видов сырья [4].

Для получения в лаборатории мятного масла был использован метод водно-паровой перегонки. Отделенное от воды мятное масло анализировали по основным показателям качества в соответствии с ОСТ 10–135–88.

В эфирном масле определяли относительную плотность, которая представляет собой отношение массы масла при данной температуре к массе того же объема воды. Поскольку величина плотности зависит от температуры исследуемого масла и температуры воды, то плотность, найденную при условиях опыта, пересчитывали на стандартные температуру масла (20°C) и воды (4°C). Плотность мятного масла определяли с помощью пикнометра.

Способность преломлять свет обусловлена изменением скорости его распространения при переходе из одной среды в другую. Каждая преломляющая свет среда характеризуется абсолютным показателем преломления, который определяется как отношение скорости распространения света в вакууме к скорости его распространения в среде. Показатель преломления мятного масла определяли на рефрактометре ИРФ-23.

Кислотное число масел (количество миллиграммов гидроксида калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме масла) является одним из качественных показателей, который нормируется стандартами и нормативными документами. Он зависит от качества сырья, способа получения масла, условий его хранения и других факторов. Метод определения кислотного числа основан на титровании пробы масла раствором гидроксида калия в присутствии индикатора фенолфталеина.

Внешний вид, цвет, вкус и запах масла определяли органолептически.

Полученные свойства мятного масла в сравнении с требованиями ОСТ 10–135–88 представлены в таблице.

Таблица – Свойства мятного масла

Наименование показателя	Значение показателя	
	полученного масла	по ОСТ 10–135–88
1. Внешний вид и цвет	Прозрачная светло-жёлтая жидкость	Прозрачная бесцветная или светло-жёлтая жидкость
2. Запах	Перечной мяты без постороннего	Перечной мяты без постороннего
3. Вкус	Холодящий без горечи	Холодящий без горечи
4. Плотность, г/см ³	0,901	0,900–0,910
5. Показатель преломления	1,4593	1,4590–1,4667
6. Кислотное число, мг КОН/г	0,63	0,70
7. Растворимость в 70%-ом этиловом спирте	Полная растворимость в 3 объёмах спирта	Полная растворимость, не более чем в 4 объёмах спирта

Как видно из представленных данных, полученное в лабораторных условиях мятное масло соответствует по своим показателям требованиям стандарта и может использоваться при получении различных косметических средств.

Литература

- 1 О применении эфирных масел в косметологии // Косметика и медицина.– 2003. – №4. – С.14–16, 18–29, 22–25.
- 2 Войткевич, С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии / С.А. Войткевич. – Москва, 1999. – 190 с.
- 3 Натуральные ингредиенты в косметических продуктах: тенденции и перспективы // Косметический рынок сегодня. – 2003. – №1–2. – С.4-8.
- 4 Сидоров, И. И. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистых веществ / И. И. Сидоров, Н. А. Турышева, Л. П. Фалеева, Е. И. Ясюкевич. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 368 с.
- 5 Гуринович, Л. К. Эфирные масла: химия, технология, анализ и примечание / Л. К. Гуринович, Т. В. Пучкова. – М.: Школа Косметических Химиков, 2005. – 190 с.

УДК 666.635;666.295

Полуфриттованные матовые глазурные покрытия плиток для полов

Студентка гр.9 Гвоздевич О.Ю.

Научный руководитель – Левицкий И.А.

Белорусский государственный технологический университет
г.Минск

Целью настоящего исследования является разработка рецептур сырьевых композиций для получения матовых износостойких полуфриттованных покрытий для декорирования плиток для полов, которые могут использоваться в местах с интенсивным движением людского потока и, соответственно, работать в условиях повышенного абразивного воздействия.

Синтез износостойких глазурных покрытий для декорирования плиток для полов остается актуальной задачей керамического производства, поскольку они занимают значительный объем в общем выпуске строительных материалов Республики Беларусь (ОАО «Керамин», ОАО «Березастройматериалы»).

До недавнего времени эта продукция изготавливалась с применением для глазурования импортируемых из Италии компостов (смесей отдозированных сырьевых материалов), что обеспечивало высокую износоустойчивость покрытий со степенью истирания не ниже 3 и соответствующие декоративно-эстетические характеристики.

В настоящее время ОАО «Керамин» перешло на изготовление плиток с использованием разработанных предприятием составов, однако стабильность износоустойчивости со значением 3 и более не в полной мере обеспечивается, особенно у покрытий темных тонов, обеспеченных применением керамических пигментов. Сырьевые композиции являются полуфриттованными и содержат 17,5 – 27,5 % фритты.

Задачей настоящего исследования являлось проведение структурно-управляемого синтеза износостойких покрытий, обеспечивающего в процессе обжига формирование максимального количества кристаллических фаз, высокую износоустойчивость, требуемую бархатисто-матовую фактуру. Одновременно решалась задача снижения количества фритты при рациональном сочетании ее с другими составляющими глазурной композиции. Обжиг проводился по температурно-временным режимам, существующим на производстве.

Получение полуфриттованных покрытий осуществлялось с использованием стеклофритт, синтезированных в системе $R_2O-RO-Al_2O_3-B_2O_3-ZrO_2-SiO_2$, где $R_2O - Na_2O$ и K_2O , а $RO - CaO$ и MgO , отличающихся, в основном, содержанием щелочноземельных оксидов и ZrO_2 . Основными компонентами, применяемыми для варки фритт, являлись кварцевый песок, борная кислота, доломит, сода кальцинированная, поташ, цирконовый концентрат и технический глинозем.

Компоненты шихты высушивались до влажности не более 0,5 % и измельчались до величины зерен ≤ 1 мм.

Варка фритт осуществлялась при температуре 1450 ± 20 °С в фарфоровых тиглях в газовой пламенной печи со скоростью подъема температуры 250 °С/ч. Глазурные стекла характеризовались удовлетворительными варочными свойствами, расплав гранулировался в холодной проточной воде.

Значения ТКЛР синтезированных глазурных фритт находились в интервале $(54,8-62,6) \cdot 10^{-7} K^{-1}$, микротвердость составляла 7300–7450 МПа, что свидетельствует о высокой износостойкости стекловидной составляющей и, безусловно, оказывает положительное влияние на износостойкость синтезируемых полуфриттованных покрытий.

В состав сырьевых композиций для получения полуфриттованных покрытий наряду с фриттой вводились пегматит чупинский КПШМ 0,20–2 и доломит марки А. В качестве постоянных компонентов использовались кварцевый песок марки ВС–020, волластонитовый концентрат ВП–25, технический глинозем ГК–2, цинковые белила и циркобит марки МО. Для улучшения реологических характеристик суспензии в составах глазурей применялся каолин просяновский КН–83 и глина Веско–Гранитик. Содержание постоянных компонентов составляет 35 %.

С целью обеспечения требуемых показателей текучести глазурных суспензий применялся триполифосфат натрия, количество которого составляло 0,03–0,06 % (сверх 100 %).

Исследуемые сырьевые композиции получены по классической технологии совместным мокрым помолом в шаровой мельнице до остатка на контрольном сите № 0063 в количестве 0,1–0,3 %. Полученная суспензия с влажностью 30–35 % наносилась на предварительно высушенные образцы керамических плиток методом полива. ТКЛР керамической основы составляет $(70-80) \cdot 10^{-7} K^{-1}$. Обжиг плиток проводился в газопламенной конвейерной печи типа RKS–1650 при температуре 1160 ± 10 °С в течение 43 ± 2 мин в условиях ОАО «Керамин» (г. Минск).

Полученные однократным обжигом полуфриттованные глазури характеризовались матовой поверхностью бархатистой фактуры, хорошим разливом и отсутствием поверхностных дефектов в виде наколов, прочным сцеплением с керамической основой.

Блеск и белизна покрытий, определенные на фотоэлектрическом блескомере ФБ–2 с использованием в качестве эталона при определении блеска фиолетового стекла, белизны – баритовой пластинки, составляли 15–25 % и 81–85 % соответственно.

ТКЛР синтезированных глазурей, измеренный на электронном dilatометре DIL 402 PC фирмы «Netzsch» (ФРГ) в интервале температур 20–400 °С, составил $(67-72) \cdot 10^{-7} K^{-1}$. Поскольку его значения несколько ниже ТКЛР керамической основы, глазурное покрытие находится в состоянии сжатия, что предопределяет высокую прочность сцепления в системе «глазурь–керамика».

Микротвердость глазурей определялась на микротвердомере автоматическом Викаерса 402 MVD (Германия) при нагрузке на индентор 200 г. Значения микротвердости глазурных покрытий составляли 8960–9020 МПа, твердость по шкале Мооса – 7–8.

По износостойкости (ГОСТ 6787–90) покрытия отвечают 3-ей степени.

Дифференциально-термический анализ глазурей выполнен с помощью дериватографа OD–102 фирмы «MOM» (Венгрия). Установлено, что в интервале температур 120–125 °С эндоэффект связан с удалением физической влаги. При температуре 560 °С отмечается эндотермический эффект, обусловленный разложением каолинита. Диссоциация карбонатов характеризуется двумя эндоэффектами: первым – при температуре 810–815 °С, обусловленным разложением доломита и декарбонизацией $MgCO_3$ и вторым – при 860–865 °С, обусловленным диссоциацией $CaCO_3$. Экзоэффект при 910–915 °С с крутой восходящей ветвью свидетельствует о высокой интенсивности кристаллизационных процессов, происходящих в глазурях при нагревании.

Рентгенограммы синтезированных материалов получены на дифрактометре D 8 ADVANCE фирмы «Bruker» (Германия). Излучение – CuK_{α} , детектор – сцинтилляционный счетчик. Запись производилась в диапазоне углов 2θ от 5 до 80° с шагом 0,1° и накоплением импульсов в течение 2 с. Для идентификации кристаллических фаз использовались международная картотека Joint Comitee on Powder Diffraction Standards, 2003 и программное обеспечение DIFFRAC PLUS фирмы «Bruker». Установлено, что фазовый состав полуфриттованных глазурных покрытий представлен цирконом ($ZrSiO_4$), диопсидом ($CaMgSi_2O_6$), корундом ($\alpha-Al_2O_3$), небольшими количествами акерманита ($Ca_2MgSi_2O_7$) и синтетического анортита ($Al_3Ca_{0,5}Si_3O_{11}$), а также α -кварцем. Рациональное сочетание вышеуказанных кристаллических фаз обеспечивает высокие значения физико-механических свойств глазурных покрытий и, прежде всего, износостойкости и микротвердости. По уровню указанных свойств данные покрытия отвечают требованиям, предъявляемым к плиткам для настила полов.

Преимуществом синтезированных составов является отсутствие в сырьевых композициях компонентов первого класса опасности (особо опасных веществ) при снижении до минимума (не более 3 %) содержания веществ второго класса опасности (цинковые белила). Наряду с экологическими преимуществами обеспечивается снижение расхода топливно-энергетических ресурсов за счет уменьшения

количества фритты в сырьевых композициях и снижения содержания цинковых белил и цирконсодержащего компонента (циркосола либо циркобита).

УДК 666.654

Твердые растворы $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ как перспективные материалы для термоэлектрогенераторов

Студентка 10 гр. 5 курса ф-та ХТиТ Сазанович Н.В.

Научный руководитель – Клындюк А.И.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую может быть осуществлено в термоэлектрогенераторах при помощи термоэлектрических материалов. В качестве таких материалов можно использовать оксидные термоэлектрики ввиду их более высокой химической и термической устойчивости на воздухе [1].

В данной работе приведены результаты исследования кристаллической структуры и электрофизических свойств плумбатов бария–стронция состава $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$, синтезированных керамическим методом. Образцы были охарактеризованы при помощи рентгенофазового анализа (дифрактометр Bruker D8 XRD Advanced, $CuK\alpha$ -излучение).

Электросопротивление (ρ) образцов измеряли на постоянном токе четырехконтактным методом на воздухе в интервале температур 300–1100 К, термоэдс (S) определяли относительно Ag на воздухе в том же интервале температур. Градиент температур между горячим и холодным концами образца в процессе измерения термоэдс поддерживали на уровне 20–25 К.

Полученные образцы состава $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ имели орторомбически искаженную структуру перовскита (пр.гр.симм. $Ibmm$ для $x = 0.0-0.2$ и $Pbmm$ для $x = 0.4-1.0$), параметры элементарной ячейки которой представлены в таблице.

Как видно из данных, приведенных в таблице, размеры элементарной ячейки твердых растворов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ закономерно уменьшались с ростом x (при увеличении степени замещения большего по размеру катиона бария Ba^{2+} меньшим по размеру катионом стронция Sr^{2+}). Полученные нами значения параметров кристаллической структуры твердых растворов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ находятся в хорошем согласии с литературными данными [2].

Таблица. Значения параметров ($a, b, c, \text{Å}$), объема ($V, \text{Å}^3$) и осевого отношения (c/a) элементарной ячейки твердых растворов плумбатов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$, а также их фактора мощности ($P, \text{мкВт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-2}$) при температурах 700 и 1000 К.

x	a	b	c	c/a	V	P_{700}	P_{1000}
0	6,0637	6,0296	6,0163	1,4141	311,08	328	187
0,2	6,0016	6,0017	6,0010	1,4038	305,69	300	269
0,4	5,9699	5,9742	5,9801	1,4166	301,62	247	296
0,6	5,9544	5,9521	5,9531	1,4139	298,38	775	459
0,8	5,9047	5,9492	5,9262	1,4194	294,41	728	404
1	5,8563	5,9522	5,8893	1,4222	290,32	223	704

Соединения $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ представляли собой проводниками n -типа, характер проводимости которых с ростом x изменялся от металлического (для $x = 0.0$) к полупроводниковому (для $x = 1.0$).

На рисунке представлены температурные зависимости ρ и S для твердых растворов плумбатов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$. Значения ρ образцов с $x = 0.2-0.6$ слабо возрастали с ростом температуры в низкотемпературной ($T < 650$ К) и уменьшались с ростом T в высокотемпературной ($T > 650$) области. Значения S образцов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ уменьшались с ростом температуры в низкотемпературной области ($T < 700-800$ К) и возрастали с ростом T в высокотемпературной области ($T > 700-800$ К).

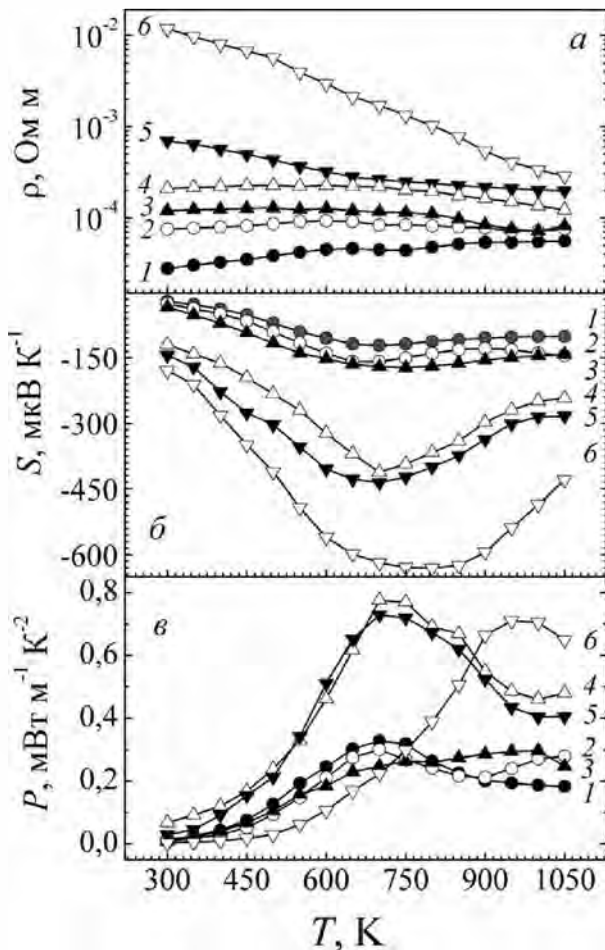


Рисунок. Температурные зависимости электросопротивления ρ (а), термоэдс S (б) и фактора мощности P (в) твердых растворов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$: $x = 0.0$ (1), 0.2 (2), 0.4 (3), 0.6 (4), 0.8 (5), 1.0 (6).

3. А.И. Клындюк, Г.С. Петров, Л.А. Башкиров. Аномальные свойства твердых растворов на основе $BaPbO_3$ при высоких температурах. Неорган. Материалы. 2001. Т. 37. С. 482–488.

УДК 543.544:543.8

Использование прямого измерения метана при определении компонентного состава природного горючего газа по ГОСТ 31371 (ISO 6974) методом газовой хроматографии

Студент 4 курса 11 группы факультета ХТиТ Костюк Е.Н.
 Научный руководитель – Черепица С.В.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Хорошо известно, что коммерческие расчеты за природный горючий газ производятся не просто по количеству поставляемых кубических метров, а с учетом эффективной теплотворной способности этого газа. Эта величина рассчитывается по ГОСТ 22667 [1] на основе данных хроматографических измерений компонентного состава поставляемого природного горючего газа, выполненных по ГОСТ 23781 [2].

В соответствии с решением (протокол №33-2008 от 6 июня 2008г.) Евразийского Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) с 1 января 2010 года в странах участницах ЕАСС вступают в силу новые ГОСТ 31371 (ИСО 6974) [3]. Выполненный анализ содержания всех семи частей данного ГОСТ 31371 (ИСО 6974) [3] показал, что какое-либо упоминание на использование данных прямого измерения отклика основного компонента природного горючего метана полностью отсутствует. Наиболее вероятной причиной сложившейся ситуации, с нашей точки зрения, можно назвать отсутствие, вплоть до недавнего времени, у серийных газовых хроматографов широкодиапазонных систем регистрации, позволяющих регистрировать без искажений как компоненты природного газа с концентрацией на уровне

Аномалии на зависимостях $\rho = (T)$ и $S = (T)$ для твердых растворов плумбатов $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ наблюдаются в одной и той же области температур и, очевидно, имеют одну и ту же природу. По всей видимости, отмеченные аномалии обусловлены началом выделения кислорода из образцов при их нагревании [3].

Увеличение степени замещения бария стронцием в $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ приводит к росту электросопротивления и уменьшению коэффициента термоэдс образцов. Аномально низкие значения коэффициента термоэдс полученных в настоящей работе образцов обусловлены, по всей видимости, избыточным содержанием в них оксида свинца.

Максимальными значениями фактора мощности характеризуются составы с $x = 0.6, 0.8$: $720\text{--}770 \text{ мВт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-2}$ в области температур $700\text{--}750 \text{ К}$. Полученные результаты позволяют рассматривать твердые растворы $Ba_{0.4}Sr_{0.6}Pb_{1.1}O_{3+\delta}$, $Ba_{0.2}Sr_{0.8}Pb_{1.1}O_{3+\delta}$ как перспективные материалы для использования в термоэлектродвигателях (в качестве n -ветвей) при высокотемпературной термоэлектродвигательной конверсии.

Литература

1. Oxide Thermoelectrics. Research Signpost / Eds K. Koumoto, I. Terasaki, N. Murayama. Trivandrum, India. 2002. 255 p.
2. Н. Nagamoto, Н. Kagotani, Т. Okubo, Т. Koya. Positive temperature coefficient of resistivity in $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1+y}O_{3-\delta}$ ceramics. J. Am. Ceram. Soc. 1993. V. 76. P. 2053–2058.

тысячных долей процента объемного, так и основной компонент метан. Концентрация последнего для магистрального газа наиболее часто находится в диапазоне от 95 % до 99 % молярных.

С целью экспериментальной апробации предложенного методического подхода были проведены первые измерения компонентного состава образца природного горючего газа с использованием прямого измерения метана при определении компонентного состава природного горючего газа.

В соответствии с п. В.2 первой части ГОСТ 31371 были построены контрольные карты для компонентов исследуемого газа. В качестве примера на рис. 1-2 приведены соответствующие контрольные карты для метана, этана и пропана, 2-метилпропана (изобутана) и н-бутана.

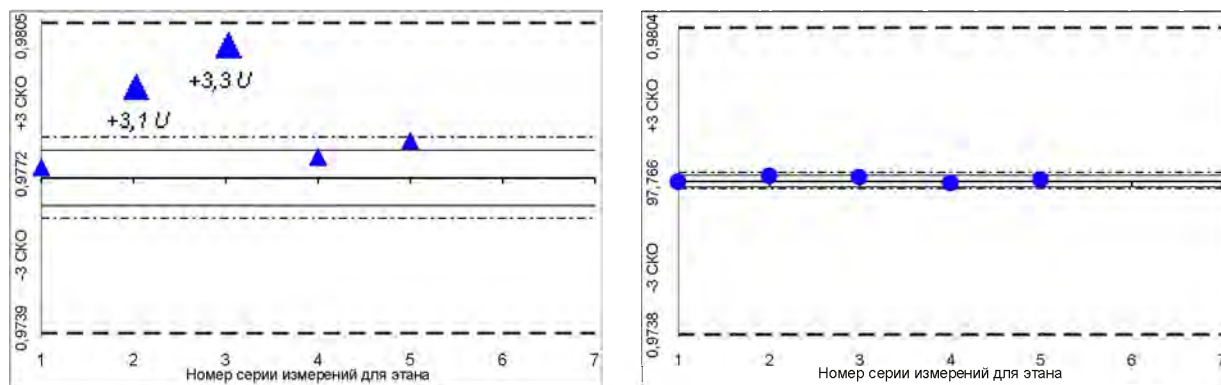
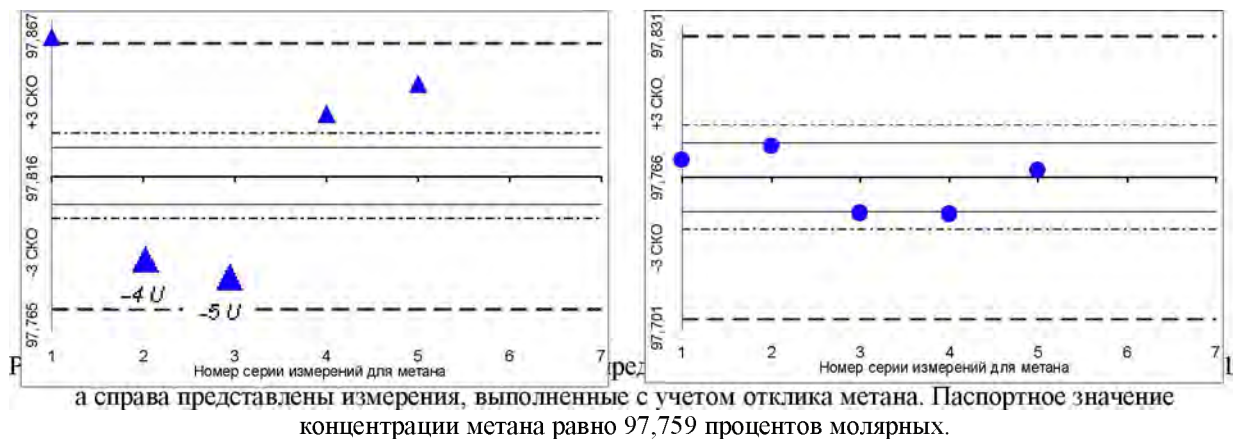


Рисунок 2 – Контрольные карты для этана. Слева представлены измерения, выполненные по ГОСТ 31371, а справа представлены измерения, выполненные с учетом отклика этана. Паспортное значение концентрации этана равно 0,977 процентов молярных

Заключение

Таким образом, анализ полученных экспериментальных данных подтвердил существенное улучшение такой основной метрологической характеристики, как сходимость получаемых данных при нормировке на регистрируемый сигнал основного компонента природного газа метан.

В связи с наличием у современных газовых хроматографов широкодиапазонных систем регистрации целесообразно разработать и внести соответствующие коррективы в международные стандарты ИСО 6974 [4] и проекты межгосударственных ГОСТ 31371 с целью обеспечить возможность аккредитованным испытательным лабораториям внедрять у себя предложенный новый методический подход.

Литература

1. ГОСТ 22667 Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе.
2. ГОСТ 23781 Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава.
3. ГОСТ 31371 (ИСО 6974) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности.
4. ISO 6974 Natural gas. Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography.

Студент 4 курса 11 группы факультета ХТиТ Костюк Е.Н.
Научный руководитель – Черепица С.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В соответствии с современными требованиями работы аккредитованных испытательных лабораторий возрастает актуальность введения унификации программного обеспечения для работы с различным используемым аналитическим оборудованием.

На сегодняшний день сложилась ситуация, когда каждый устоявшийся на рынке производитель аналитического оборудования предлагает свой собственный специализированный пакет программного обеспечения (ПО), разработанный для работы со «своим железом». Например, Hewlett-Packard – ChemStation, Varian – Galaxy, Shimadzu – GC Solution, ThermoFinnigan – Xcalibur и т.д. Зачастую в лаборатории для проведения одного вида испытаний находится несколько приборов разных производителей с различным ПО. Как следствие, исследователям приходится осваивать различные программы. Очевидные неудобства по этой же причине происходят и в учебно-методическом процессе при разработке новых методов исследований и при подготовке/переподготовке кадров. На курсах повышения квалификации занятия проводятся с применением одного ПО, а вернувшись к себе в лабораторию эксперты вынуждены работать на другом ПО.

Схожая ситуация имела место в начале девяностых годов, когда в лабораториях появились первые персональные компьютеры: ДВК и РС. Как правило, эти компьютеры сразу стали использоваться как автоматизированные печатные машинки. Для печатания текстов было предложено несколько различным текстовых редакторов: Lexicon, Framework, Chiwriter, «Слово и Дело». Однако принцип универсальности и возможность работы над одним и тем же документом на разных ПК в разных организациях привел сегодня к ситуации, когда во всех лабораториях документы подготавливаются в программе MS Word. По аналогии с вышесказанным для унификации работы с разным аналитическим оборудованием был разработан пакет программного обеспечения Unichrom www.unichrom.com.

Приведем перечень основных аргументов, обосновывающих целесообразность применения пакета Unichrom в практике аналитических лабораторий:

1. На сегодняшний день Unichrom является уникальным пакетом ПО, позволяющим одновременно и независимо в едином стиле управлять разными, наиболее распространенными в СНГ хроматографами, такими как Цвет-800, Кристалл2000М/5000, Agilent4890/5890/6890, Shimadzu17/2010/2014, ThermoFinnigan Trace2000/Focus, Varian 3800/3900, Миликром-5/6, Миликром-А02, Стайер, оптические спектрометры JenWay, Solar, SpectraSystems.

2. Архитектура пакета Unichrom является открытой, что обеспечивает возможность сторонним разработчикам самостоятельно дорабатывать драйверы управления новыми аналитическими приборами.

3. Unichrom позволяет хранить метод/методы управления прибором, аналитические данные, метод/методы обработки, результаты, калибровки, градуировки, audit trail log, данные GLP в одном файле;

4. Практика эксплуатации аналитического оборудования, в том числе разнотипного, различных ведущих мировых фирм в испытательных аккредитованных лабораториях различных ведомств выявила уникальную возможность аккумуляции методических наработок и их доступный быстрый последующий перенос/миграцию на другие приборы. Простым копированием файла.

5. Накоплен многолетний опыт эксплуатации в испытательных аккредитованных лабораториях крупнейших предприятий нефтехимического комплекса Беларуси, России и Украины: ОАО «НАФТАН», ОАО «Полимир», ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Лисичанский НПЗ», ОАО «Гродненский Азот», ОАО «Невинномысский Азот», ФГУП «Сибирский химкомбинат», ОАО «Щекино Азот», ОАО «Черкасский Азот», ОАО «БелТрансГаз» и др.

6. Для выполнения требований законов «Защиты прав потребителя», «О единстве измерений», «О метрологическом обеспечении» проведена метрологическая аттестация методики выполнения измерений МВИ 1329-2001 «Газохроматографическое определение содержания этилового спирта в жидких биологических средах организма». Впервые в СНГ. На сегодняшний день в химико-токсикологических лабораториях городских и областных наркодиспансеров по данной методике с применением системы Unichrom выполнено более 700 тысяч химико-токсикологических экспертиз.

7. Для унификации электронного документооборота аккредитованных испытательных лабораторий разработана система E-Lab. К концу 2009 года данная система должна быть передана для испытаний в ведущие аккредитованные испытательные лаборатории концерна «Белнефтехим» и Госстандарта Беларуси.

8. С целью широкой апробации системы UniChrom, для ускоренной наработки учебно-методического материала, предлагается во все медицинские вузы в учебный и научно-исследовательский процесс передать пакет UniChrom на безвозмездной основе. Одновременно предполагается предоставить технологии создания методического учебного материала на основе современных компьютерных средств.

Заклучение

Непосредственно с работой системы UniChrom в учебном процессе можно ознакомиться на кафедре аналитической химии нашего Университета (см. рис. 1).

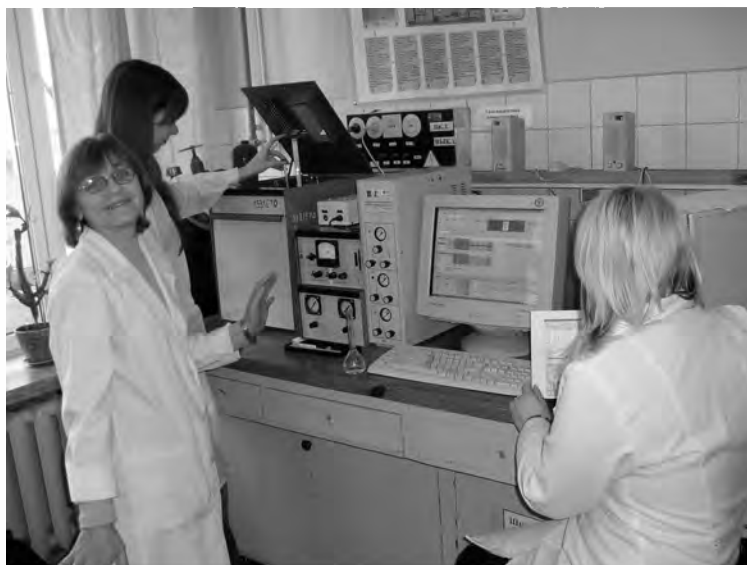


Рисунок 1 – Все студенты 2-го курса Белорусского государственного технологического университета выполняют лабораторные работы по хроматографии с использованием системы UniChrom.

УДК 666.615.014.83

Оптимизация составов боросиликатных стекол для получения мелкоразмерной медицинской стеклотары

Студент Карпович Е.В.

Научный руководитель – Терещенко И.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является синтез и исследование составов стекол для медицинской тары, производство которой организуется на территории Республики Беларусь.

В настоящее время потребность в стеклотаре в нашей стране удовлетворяется частично за счёт экспорта и частью за счёт производства ампул, организованного ЗАО СП «Еврохрусталь», размещенного на площадях ПРУП «Борисовский хрустальный завод». Однако в обоих случаях стеклотрубка импортируется из России и Украины, причем ее качество не соответствует международным стандартам, а регулярность поставок постоянно вызывает нарекания и риск остановки белорусских заводов медицинских препаратов. В связи с этим предусмотрена организация производства медицинского стекла на территории Республики Беларусь, а базовым предприятием для специализированного производства выбран ПРУП «Борисовский хрустальный завод».

Основной задачей проводимых исследований являлась оптимизация составов нейтральных стекол за счёт определения рационального соотношения оксидов SiO_2 , Al_2O_3 , RO и R_2O , при сохранении уровня водо- и щелочеустойчивости, соответствующего первому классу и поддержания удовлетворительными технологических характеристик опытных стекол при минимальном содержании B_2O_3 . Также необходимо было минимизировать содержание щелочных компонентов в опытных стеклах, поскольку ионы Na^+ и K^+ легко переходят в растворы, ухудшая качество медицинской тары.

Объектом исследования была выбрана система $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{BaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$.

Изучение кристаллизационной способности экспериментальных стекол показало, что наибольшая устойчивость к кристаллизации достигалась за счёт введения в их составы 5,5 – 6,5 мас.% Al_2O_3 . Замена B_2O_3 на оксиды щелочных металлов не оказывала влияния на кристаллизационную способность.

Увеличение содержания R_2O свыше 10 мас.% приводило к существенному увеличению ТКЛР, и, как следствие, к снижению их термостойкости, также отмечалось ухудшение водостойкости опытных стекол вследствие роста миграции щелочных ионов в раствор, приводящее к изменению его состава. Минимально возможное содержание $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ в изученных сериях стекол составило 6 – 7 мас.%, а содержание B_2O_3 варьировалось в интервале 6 – 8 мас.%. Положительное влияние на повышение химической устойчивости оказала замена Na_2O на оксид BaO (до 4 мас.%).

Для достижения 1-го класса водо- и щелочестойчивости при пониженном содержании V_2O_5 дополнительно предусмотрено введение ZnO (до 3 мас.%), а также Li_2O , обеспечивающего проявление полищелочного эффекта. В результате введения ZnO происходило снижение количества мигрирующих в раствор ионов на 40%, что соответственно увеличивало показатели водо- и щелочестойчивости, причем положительное влияние оксида цинка выражено тем сильнее, чем меньше содержание V_2O_5 в составе стекла.

Таким образом, установлены закономерности изменения кристаллизационных и физико-химических свойств стекол на основе системы $Na_2O-K_2O-CaO-BaO-Al_2O_3-SiO_2$, модифицированной оксидами Li_2O и ZnO , разработаны оптимизированные составы стекол, включающие, мас. %: $SiO_2 - (71,5 - 74,0)$; $V_2O_5 - (6,2 - 7,6)$; $Al_2O_3 - (5,5 - 6,5)$; $RO - (7,2 - 9,1)$; $R_2O - (5,5 - 9,0)$.

По своим свойствам медицинские стекла разработанных составов не уступают импортным составам медицинских стекол, что позволяет рекомендовать разработанные составы для изготовления медицинской тары при организации ее производства на ПРУП «Борисовский хрустальный завод».

УДК 666.227.7

Боратные стекла для волоконно-оптических изделий

Студентка 8 гр. Русан Н. В.

Научный руководитель – Папко Л. Ф.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью исследования является разработка составов легкоплавких оптических стекол для получения оптического волокна.

Легкоплавкое стекло используется в качестве оболочки многожильного световода. После химической обработки такого световода в 0,1 н растворе соляной кислоты оболочка растворяется, в результате получают гибкие жгуты оптического волокна.

При использовании такого стекла в качестве сердцевины оптического волокна с последующей химической обработкой микроканальные пластины, которые используются в оптико-электронных преобразователях приборов ночного видения.

Поскольку оптическое стекло подвергается химической обработке, в результате чего оно должно полностью раствориться, то химическая стойкость такого стекла должна быть низкой. Поэтому основой для разработки таких материалов являются боратные стекла. Для исследования выбрана система $K_2O-CaO-BaO-Al_2O_3-V_2O_5-SiO_2$.

Для обеспечения процесса вытягивания оптического волокна необходимо обеспечить заданные вязкостные характеристики, температурный коэффициент линейного расширения должен составлять $79 \pm 1,5$ K^{-1} .

В ходе работы синтезированы составы стекол, включающие, мол. % : V_2O_5 от 60 до 70; K_2O от 5 до 15; Al_2O_3 от 5 до 15; BaO от 10 до 20; $CaO - 5$; $SiO_2 - 5$. Все стекла легкоплавкие, варка производилась при температуре 1100 $^{\circ}C$.

Кристаллизационная способность стекол для оптического волокна является важной характеристикой, потому что в процессе вытягивания стекла подвергаются длительной термической обработке. Все исследуемые составы стекол характеризуются низкой кристаллизационной способностью. Это проявляется в том, что в температурном интервале градиентной термообработки всех образцов не имеется признаков кристаллизации.

Установлено, что с увеличением содержания K_2O температура начала растекания снижается от 840 до 750 $^{\circ}C$, а с увеличением содержания BaO проявляется обратная зависимость – температура начала растекания увеличивается. Замена K_2O и V_2O_5 на Al_2O_3 приводит к повышению температуры начала растекания.

Показатель преломления уменьшается с увеличением содержания оксида бора от 1,575 до 1,531 как при замене им оксида щелочного металла, так и оксида бария. Существенное понижение показателей преломления обеспечивается при повышении содержания V_2O_5 от 60 до 70 мол. %.

При проведении измерений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) и последующей обработке результатов выявилась следующая закономерность: при увеличении содержания V_2O_5 значение ТКЛР увеличивается; с увеличением содержания BaO , наоборот, значения ТКЛР уменьшаются. Рост величины ТКЛР с увеличением содержания V_2O_5 является особенностью боратных стекол, потому что в силикатных стеклах V_2O_5 обеспечивает существенное снижение ТКЛР.

При замене V_2O_5 на BaO и K_2O микротвердость стекол увеличивается. При замене K_2O на BaO просматривается аналогичная зависимость.

При оценке химической стойкости стекла установлено следующее: с увеличением содержания V_2O_5 потери массы возрастают, следовательно, химическая стойкость стекол снижается. И, наоборот, с увеличением содержания BaO потери массы уменьшаются, что означает увеличение химической стойкости.

Также некоторое влияние оказывает K_2O : при увеличении его содержания химическая стойкость снижается, но это снижение не столь значительно, как в случае с V_2O_5 .

По данным инфракрасной спектроскопии поглощения наличие максимума при $1200\text{--}1400\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о присутствии в структуре стекла групп $[BO_3]$. Полоса поглощения с максимумом при $1010\text{--}1050\text{ см}^{-1}$ обусловлена наличием групп $[BO_4]$. Максимум при 3400 см^{-1} соответствует наличию групп (OH) .

Присутствие бора в тройной координации обуславливает снижение прочности связей в стекле. С увеличением в структуре стекла количества группировок $[BO_3]$ с ростом содержания оксида бора снижается микротвердость и химическая устойчивость стекол, повышается ТКЛР.

Разработан состав стекла с показателем преломления 1,553, средней дисперсией 0,009511, плотностью 2597 кг/м^3 , ТКЛР $80 \cdot 10^{-7}\text{ К}^{-1}$. Температурный интервал вытягивания волокна, соответствующий изменения вязкости от 10^7 до $10^{11}\text{ Па}\cdot\text{с}$, составляет $620\text{--}530\text{ }^\circ\text{C}$.

Таким образом, в результате проведенного исследования разработан состав оптического стекла, который по показателям технологических и физико-химических свойств удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стеклу для получения волоконно-оптических изделий. Разработанный состав стекла рекомендуется для варки на РУП «Завод «Оптик»

УДК 666

Пигменты на основе диопсида

Студент гр. 9 Радецкая С.С.
Научный руководитель – Пищ И.В.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Пигменты являются одной из составных частей керамических красок. В настоящее время расширение ассортимента керамических пигментов на основе недефицитных материалов является актуальной задачей. Она может быть решена, в частности, на основе соединений, содержащих оксиды кальция, магния, кремния. Эти оксиды входят в обширную группу порообразующих минералов цепочечной структуры, называемых пироксенами. Типичным представителем пироксенов является диопсид.

Диопсид представляет собой тройное соединение $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$, плавящееся конгруэнтно при температуре $1381\text{ }^\circ\text{C}$. Подобно другим силикатам для диопсида характерно сочленение тетраэдров (SiO_4) за счет катионов Ca^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} и др., располагающихся в октаэдрах по-разному относительно друг друга. Такая структура позволяет допустить предположение об изоморфном замещении, при котором одни ионы минерала замещаются на другие. В структуре не происходит изменений, если соотношение радиусов катионов, участвующих в изоморфизме, не более 15%.

В изоморфном замещении диопсида могут участвовать Co^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} и др. Это свидетельствует о возможности получения пигментов с различной окраской. Кроме того, синтез можно производить при относительно низкой температуре без применения минерализаторов.

В качестве сырьевых материалов можно использовать минеральное сырье, содержащее оксиды CaO , MgO , SiO_2 , например такие недефицитные минералы как доломит $Ca \cdot Mg[CO_3]_2$, магнезит $MgCO_3$, кальцит $CaCO_3$, тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$.

Была проведена разработка составов керамических пигментов на основе диопсида.

Fe_2O_3 окрашивает пигмент в коричнево-красные цвета, Cr_2O_3 в зеленый цвет. NiO придает пигментам серо-зеленые тона. CoO окрашивает в сине-фиолетовые цвета. Интенсивность цвета зависит от концентрации вводимого красящего оксида.

Частично заменяли SiO_2 на P_2O_5 и Al_2O_3 при введении тех же красящих оксидов. Al_2O_3 положительно влияет на фазообразование, так как цвета пигментов получались более яркими. P_2O_5 также изменяет окраску пигментов, делая их цвета более насыщенными. Предположительно P_2O_5 реагирует с компонентами шихты еще при приготовлении пигмента, т. е. до обжига. Даже необожженные пигменты имеют достаточно интенсивные цвета, а при их промывке фильтрат практически прозрачен.

В составе диопсида $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ проводили частичное или полное замещение на красящие оксиды Co , Ni , Cr , Fe .

При замещении MgO на CoO (0,1–1,0 моль) цвет пигмента изменяется от розового до фиолетового. При частичной замене SiO_2 на Al_2O_3 цвет пигмента темно-синий, а при полной – голубовато-сиреневый. Наиболее яркий по цвету пигмент содержит 0,7–0,9 моль CoO . При замене SiO_2 на Al_2O_3 снижается температура синтеза (на $50\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$).

Пигменты, полученные в результате введения в их состав NiO взамен MgO , приобретают салатовый и темно-зеленый цвет. При замещении в диопсиде MgO на оксиды железа цвет пигмента изменяется от розовато-серого до коричневатого, при этом плотность спеков синтезируемых пигментов увеличивается, что указывает на возможность проведения процесса синтеза при более низких температурах (на $70\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$).

При замене SiO_2 на кремнегель (остаток химического производства фосфорной кислоты, обладающий высокой степенью дисперсности и светлым тоном) плотность спеков возрастает, что позволяет снизить температуру синтеза.

При введении Cr_2O_3 цветовая гамма пигментов меняется от серо-голубых до зеленых тонов. С уменьшением содержания Cr_2O_3 в диоксидсодержащем пигменте снижается температура его синтеза.

Исследование влияния добавок оксидов группы RO на температуру спекания и цветовые характеристики кобальто- и никелесодержащих пигментов показало, что такие оксиды, как BaO, ZnO, обуславливают снижение температуры синтеза кобальтосодержащих пигментов, а SrO – ее увеличение. В присутствии оксида цинка окраска пигмента может переходить от сиреневой до фиолетовой, в присутствии SrO – от темно-фиолетовой до сине-зеленой.

При введении минерализаторов, в частности оксида бора, пигменты приобретают более насыщенную окраску, которая изменяется от сине-сиреневой до темно-синей.

По цветовым характеристикам оптимальным является пигмент №1 содержащий Co_2O_3 и ZnO. Этот пигмент ярко-сиреневого цвета отличается невысокой температурой синтеза (1150°C).

При введении BaO и Cr_2O_3 образуется пигмент №2 ярко салатного цвета.

Для пигментов №№ 1, 2 были определены цветовые характеристики, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Цветовые характеристики пигментов

Номер пигмента	Цвет пигмента	Температура обжига, °C	Доминирующая длина волны, нм	Чистота цвета, %
1	ярко-сиреневый	700	481,5	8
		900	480	9,5
		1100	478	14,5
2	ярко-салатовый	700	574,5	65
		900	574	50
		1200	573,5	39

Из таблицы видно, что чистота цвета пигмента №1 увеличивается с ростом температуры. В качестве оптимальной температуры синтеза рекомендовано 1100°C , т. к. при ней наблюдается максимальная чистота цвета. Для второго пигмента установлено, что при низких температурах чистота цвета выше. Однако при введении такого пигмента в глазурь происходит вспучивание, что свидетельствует о неполном протекании твердофазных реакций. Для пигмента синтезированного при 1200°C вспучивание отсутствует.

Фазовый состав исследуемых пигментов был определен методом качественного рентгенофазового анализа. Во всех пигментах прослеживается наличие основной кристаллической фазы пироксена со структурой диоксида $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$.

Синтезированные оптимальные составы пигментов были подвергнуты испытанию на химическую устойчивость к 4% растворам CH_3COOH и Na_2CO_3 , а также дистиллированной воде. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химическая устойчивость оптимальных пигментов

Номер пигмента	4% CH_3COOH	4% Na_2CO_3	4% дистил. H_2O
1	97,63	98,08	98,88
2	93,89	94,64	97,66

Из таблицы видно, что пигменты имеют низкую растворимость в указанных реагентах. В результате проведенного исследования можно предположить, что полученные диоксидсодержащие пигменты позволяют расширить палитру стойких керамических красок.

Синтезированные пигменты оптимальных составов были опробованы в глазурях для керамических облицовочных плиток. Исследования показали, что пигменты окрашивают глазури в сиреневые и салатные цвета.

УДК 666.767

Ангобные покрытия для огнеупорного припаса

Студентка 5 курса 9 гр. ХТиТ Мелешко А.А.

Научный руководитель – Левицкий И.А.

УО «Белорусский государственный технологический университет»

г. Минск

Целью настоящей работы является синтез высокоглиноземистых ангобных покрытий для огнеупорного припаса, применяемых против вырыва ножки фарфоровых изделий, обжигаемых в печах

скоростного обжига фирмы GRÜN (Чехия) с использованием карбидокремниевых огнеупоров в условиях ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» (г. Добруш, Республика Беларусь).

В настоящее время в условиях ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» (г. Добруш, Республика Беларусь) наблюдается повышенный брак продукции от вырыва ножки и засорки в связи с применением ангобного покрытия для карбидокремниевых плит, не отвечающих требованиям технологического процесса. Общий процент брака по этим дефектам составляет до 30 %, в том числе устранимый методом шлифовки и полировки ножки изделий – 10–12 %.

Синтез ангобного покрытия осуществлялся на основе просяновского каолина мокрого обогащения марки КФН-3, глины огнеупорной «Керамик-Веско» Веселовского месторождения и глинозема технического марки ГК-2. Массы готовились путем методом мокрого помола в шаровой мельнице фирмы FRITSCHE до остатка на сите № 0063 1,5–2%. Полученные ангобные суспензии частично обезвоживались до влажности 18–19%. Из полученных пластических масс формовались пластины размером 50×40×3 мм и палочки длиной 50±1 мм и диаметром 5 мм для определения усадки, водопоглощения, плотности, пористости и температурного коэффициента линейного расширения. После сушки образцы подвергались обжигу в производственной печи ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» при температуре 1350±10°C с выдержкой при максимальной температуре в течение одного часа.

Оптимальный состав высокоглиноземистого ангоба характеризуется следующими показателями свойств: общая усадка составляет 9,4–11,3 %, плотность – 1890–1910 кг/м³, водопоглощение – 23,2–25,6 %. Температурный коэффициент линейного расширения, выполненный с помощью электронного dilatометра DIL-402 PC фирмы Netzsch, составил (5,4–5,7)·10⁻⁶ К⁻¹. Теплопроводность образцов, измеренная с помощью прибора ИТ-λ-400, составила 1,1–1,3 Вт/(м·К).

Исследование образцов рентгенофазовым анализом на рентгенофазовом дифрактометре фирмы «Bruker» (излучение CuK_α), позволило установить наличие α-корунда, β-Al₂O₃ и муллита. Электронная микроскопия покрытий, выполненная с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL, показала наличие плотносспекшей структуры покрытий, в которых отмечаются изометричные кристаллы размером 0,1–3 мкм, равномерно расположенные по поверхности скола. Наблюдаются единичные поры, хаотично расположенные на анализируемой поверхности, размер которых составляет 0,3–1 мкм.

С целью повышения реологических характеристик суспензий и лучшего сцепления ангобного покрытия с карбидокремниевыми плитами исследовалось влияние добавок электролитов, в результате которых установлено положительное влияние триполифосфата натрия, водимого при помолу суспензии в количестве 0,2% сверх 100.

Исследования синтезированных ангобных покрытий в условиях ЗАО «Добрушский фарфоровый завод» показали хорошие технологические свойства покрытий промазок по укрывистости огнеупорного припаса, сцеплению с огнеупорной основой и отсутствию вырыва ножек обжигаемых фарфоровых изделий при длительной эксплуатации плит, ресурс которой составил 100 циклов. Применение синтезированных ангобных покрытий показывает устаревание брака вырыва и засорки ножки фарфоровых изделий.

УДК 621.30

Электрохимическое поведение ванадий содержащих электролитов.

Студентка 11 гр. 5 к. ф-та ХТиТ Агеенко О. В.

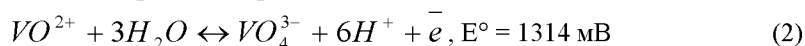
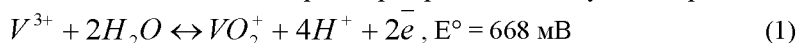
Научные руководители – Черник А. А., Жарский И. М.

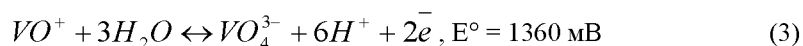
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

В процессе производства серной кислоты образуется достаточно большое количество отработанного ванадийсодержащего катализатора. Отработанный катализатор является ценным сырьем для ряда отраслей промышленности. Однако до настоящего времени в Республике Беларусь комплексная переработка отсутствует вторичного ванадиевого сырья на основе отработанных катализаторов сернокислого производства. Деактивированные катализаторы вывозятся на переработку в Российскую Федерацию. Следует отметить, что ванадий и его соединения относятся к первому и второму классу опасности и представляют собой серьезную экологическую угрозу. Поэтому переработка данного вида промышленных отходов представляет собой актуальную задачу.

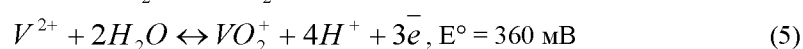
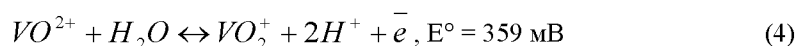
Методом хроновольтамперометрии исследовалось электрохимическое поведение графитового и платинового электродов в растворах серной кислоты с добавлением чистого оксида ванадия (V), в который вводились восстановители H₂C₂O₄ и Na₂SO₃.

Установлено, что при анодных потенциалах в модельном растворе протекают следующие процессы:





При катодных потенциалах в указанном растворе протекают процессы:



При введении в раствор $H_2C_2O_4$ происходит восстановление V (V) до V (IV). При этом образуются устойчивые оксалато-комплексы $VO(C_2O_4) \cdot 2H_2O$ и $VO(C_2O_4) \cdot 4H_2O$. При добавлении Na_2SO_3 происходит восстановление V (V) до V(III).

Методом хроновольтамперометрии и методом стационарной вольтамперометрии исследовано электрохимическое поведение растворов, полученных при растворении отработанного ванадиевого катализатора в воде (раствор первичного выщелачивания), и растворов полученных при растворении в воде твердого осадка после первичного выщелачивания (раствор вторичного выщелачивания).

При использовании катодной электрохимической обработки на графитовом электроде при плотности тока 1 А/дм^2 произошло полное растворение 20 г ванадиевого катализатора в течение 4 часов, при использовании плотности тока 5 А/дм^2 полное растворение катализатора произошло в течение 1 часа. По данным титрометрического анализа после электролиза соединений V(V) в растворе не осталось. Произошло полное восстановление V (V) до V (IV) и V(III).

На основании данных исследований установлена целесообразность использования электрохимических методов для регенерации оксида ванадия (V) из отработанных ванадиевых катализаторов сернокислого производства. Установлено, что наиболее оптимальным диапазоном потенциалов и плотностей тока для проведения электрохимического извлечения соединений ванадия из растворов выщелачивания отработанных ванадиевых катализаторов является потенциал от 1,1-1,3 В и плотность тока $2-10 \text{ А/дм}^2$.

УДК 678.5.002.8

Внедрение и совершенствование процесса производства полиэтиленерефталата

Студент 2 курса 10 МДХП Ненева М.В.
 Научный руководитель – Долинская Р.М.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Полиэтиленерефталат (ПЭТФ) – это полимер, который отличается высокой газопроницаемостью. ПЭТФ применяется в различных областях, и самое распространенное использование ПЭТФ – это производство тары. Кроме того, многие виды продуктов подвержены разрушительному воздействию ультрафиолетового излучения. Именно поэтому наибольшее количество разработок на рынке ПЭТФ находятся в области барьерных технологий. Эти технологии должны быть экономичными, эффективными, достаточно простыми, не должны влиять на прозрачность материала и, при этом, изделия должны легко подвергаться вторичной переработке. Разработки в области других типов добавок, таких как УФ-барьеры, антистатика, регуляторы вкуса и запаха были направлены на удовлетворение растущих требований со стороны упаковки в целом.

Как известно, барьерные свойства ПЭТФ-упаковки, необходимые для продления срока годности упакованного продукта, могут быть улучшены благодаря использованию покрытий, пассивных полимерных барьерных слоев и введению в полимер активных поглотителей кислорода. Многослойная ПЭТФ-упаковка, как правило, содержит барьерный слой и, иногда, слой с поглотителем кислорода. В однослойных изделиях используется полиамид и поглотители кислорода, введенные непосредственно в ПЭТФ. Многообразие существующих технологий позволяет производителям упаковки выбрать наиболее экономически выгодное решение.

Например, компания **ColorMatrix** разработала состав для производства пассивного барьера – это ароматический полиамид.

Кроме того, ароматический полиамид может быть использован как в качестве пассивного барьера, так и в качестве активного поглотителя кислорода. В процессе получения смеси ПЭТФ с полиамидом используется катализатор на основе переходного металла, который эффективнее активизирует реакцию поглощения кислорода полиамидом, чем влага, которая также применяется для активации полиамида.

Полиэтиленерефталат торговой марки **ActiTUF** производства **M&G Group** (Италия) выпускается с использованием активного поглотителя кислорода и пассивного газового барьера. Среди других продуктов компании – ПЭТФ только с активными поглотителями, только с пассивными барьерами или ПЭТФ с комбинированной защитой.

Компания **Constar International Inc.** (США), предлагает технологию активного поглощения кислорода для многослойных бутылок, а также технологию для однослойных бутылок. По мнению специалистов компании, производство однослойной тары будет увеличиваться по сравнению с производством многослойной тары. В настоящее время Constar разрабатывает технологию поглощения кислорода для однослойных ПЭТФ-бутылок. Использование поглотителя **DiamondClear** позволит не только сохранить прозрачность ПЭТФ-тары, но и улучшить ее блеск.

Если говорить об используемых при производстве бутылок технологиях и материалах, в 2007 году около 80% тары произведено из многослойного, либо однослойного смешанного материала (соответственно 1,11 млрд штук и 1,12 млрд штук). Количество бутылок, произведенных по технологии нанесения покрытий, составило около 670 млн штук. По данным Schönwald Consulting, в будущем на первое место выйдут однослойные смешанные технологии и технологии нанесения покрытий.

Таким образом, ПЭТФ используется при производстве упаковки для косметических и фармацевтических средств, а также практически всех видов пищевых продуктов: сыпучих, пастообразных и жидких. Полиэтилентерефталат применяется в процессе производства видео-, аудио- и фотопленок, изготовления полимерной пленки, конденсаторов, различных хозяйственных и бытовых изделий.

Ввиду высоких потребительских свойств тары, изготовленной из полиэтилентерефталата, направление использования ПЭТФ гранул для пищевой промышленности неуклонно растет. ПЭТФ тара в настоящее время активно вытесняет такие традиционные виды сырья для упаковки как стекло и картон.

УДК 687.01.042

Управление процессами полимеризации акрилонитрила с целью получения синтетического волокна

Студент 2 курса 10 МДХП Пилецкая А.С.

Научный руководитель – Долинская Р.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Для изготовления полиакрилонитрильного волокна (ПАН-волокна) в основном используется способ производства в водных растворах роданистого натрия, который заключается в ряде последовательных операций, а именно: получение прядильного раствора путем сополимеризации акрилонитрила (АН) с метилакрилатом (МА) и итаконовой кислотой (ИТК), формование волокна, вытяжка, промывка, сушка, крашение. При этом используется следующий состав сополимера, мас. %: АН-93; МА-5,7; ИТК-1,3.

К недостаткам волокна, полученного по данному способу можно отнести повышенную хрупкость, что проявляется в появлении при переработке мелкой пыли (осыпи), которая затрудняет переработку и ухудшает условия труда. Отсутствие гидрофильных групп и малое набухание ПАН-волокна, значительный дзета-потенциал волокна затрудняет крашение сухого волокна.

Наиболее близким техническим решением является способ получения полиакрилонитрильного волокна приготовлением раствора (для формования волокна) сополимеризацией АН с МА, ИТК в 51-52%-ном водном растворе роданида натрия при соотношении мономеров: растворитель 1: 3,0-3,5 и температуре 84-86°C. Для снижения хрупкости волокна реакционную массу дополнительно вводится винилацетат[1].

Однако такое решение не позволяет улучшить окрашиваемость ПАН-волокна в сухом виде. Кроме того, частичная замена МА на винилацетат в реакционной массе приводит к удорожанию волокна, так как винилацетат обуславливает снижение скорости полимеризации в большей степени, чем эквивалентное количество метилакрилата, что приведет к снижению производительности процесса, увеличению расходных норм такого дорогостоящего реактива, как инициатор. Кроме того, узкий интервал параметров, при которых можно получить волокно с заданными свойствами, значительно снижает возможность применения данного процесса в производстве.

Наилучшим вариантом является улучшение окрашиваемости сухого волокна катионными красителями и снижение его себестоимости.

Это можно достигнуть использованием способа получения ПАН-волокна из раствора для формования волокна сополимеризацией АН с МА, ИТК и винилацетатом в водном растворе роданида натрия, в реакционную массу взамен винилацетата вводят акрилат натрия (натриевая соль акриловой кислоты) при определенном соотношении мономеров. Акрилат натрия может быть использован как в виде сухого продукта, так в виде водного раствора. Стоимость акрилата натрия равна или ниже стоимости метилакрилата. Наибольший экономический эффект наблюдается при замене итаконовой кислоты на акрилат натрия. Следует отметить, что ИТК получают из таких пищевых продуктов, как лимонная кислота и сахар.

Волокно, полученное в работе[1], имеет прочность в петле выше, чем у промышленно выпускаемого волокна нитрон, обладает лучшей окрашиваемостью.

Таким образом, рассмотрев различные способы полимеризации акрилонитрила, следует отметить, что наиболее перспективным является метод получения ПАН-волокна приготовлением раствора для формования волокна сополимеризацией АК с МА и акрилатом натрия вместо ИТК. Полученное этим

способом волокно обладает лучшей окрашиваемостью, имеет высокую прочность в петле и доступную цену.

Литература

1. Способ изготовления полиакрилонитрильного волокна. Патент 2017865 РФ Заявл. 02.04.1992, опубл. 15.08.1994 НПК

УДК 678.027.003

Влияние основных показателей карбаминоформальдегидных смол на качество ДСП

Студент 2 курса 10 МДХП Решетина А.В.

Научный руководитель – Долинская Р.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Карбаминоформальдегидные смолы сыграли большую роль в развитии и совершенствовании производства древесностружечных плит. Подобный материал появился благодаря идее использовать стружку, которая получается при обработке дерева. ДСП-плиты формируются из стружечной массы, пропитанной специальной формальдегидной смолой для склеивания отдельных стружек между собой.

В настоящее время в результате широкого внедрения в промышленность клеящие карбамидные смолы приобрели значение самостоятельных клеящих веществ, обладающих ценными техническими свойствами.

Высокая адгезионная способность, большая скорость отверждения в сочетании с богатыми источниками сырья для их производства, с простотой и удобством применения обусловили быстрый рост потребления карбамидных смол в деревообрабатывающей промышленности. В этом немалую роль сыграли также бесцветность карбамидных смол и отсутствие запаха, что выгодно отличает их от фенолоформальдегидных смол.

Клеящие мочевино-формальдегидные смолы применяют для производства фанеры, мебели, древесностружечных плит, строительных деревянных конструкций и деталей, прессованных изделий, музыкальных инструментов, лыж и других клееных из древесины материалов. Эти смолы обеспечивают не только высокую прочность склеивания древесины, но и повышают производительность труда, возможность механизации и автоматизации процессов склеивания и фанерования.

Изделия из древесины, склеенные карбамидными клеями, отличаются механической прочностью, биологической стойкостью и значительной водостойкостью. Однако клеевые соединения из карбамидных смол проявляют значительно меньшую устойчивость к нагреванию и одновременному воздействию влаги, чем соединения на основе фенолоформальдегидных смол. Значительное преимущество клеев на основе мочевиноформальдегидных смол – большая скорость отверждения по сравнению с фенолоформальдегидными клеями.

Также одним из основных преимуществ связующих на основе карбаминоформальдегидных смол – сочетание в них сравнительно высокой концентрации с пониженной вязкостью. Это позволяет наносить равномерный слой связующего на поверхность древесных частиц методом распыления.

Исследованиями ЦНИИФ [1, стр. 174] установлено, что с ростом концентрации связующих от 30 до 50-52% (вязкость при этом возрастает от 12 до 14-20 сек.) повышается прочность плит при статическом изгибе и снижается водопоглощение. Использование клеевых растворов тех же объемов, но более высокой концентрации и вязкости из-за неравномерного их распределения на поверхности древесных частиц приводит к снижению прочности плит и повышению водопоглощения. Отвердители, применяемые для изготовления древесностружечных плит, тоже имеют некоторые особенности. Очень существенно, что они позволяют исключить влияние кислотности измельченной древесины, подвергающейся склеиванию. На практике в производстве древесностружечных плит наиболее широкое распространение получили комбинированные отвердители, содержащие в своем составе, кроме хлористого аммония, аммиачную воду и мочевины, или хлористый аммоний и мочевины.

Доказано [1, стр. 177], что значительное содержание комбинированного отвердителя оказывает большое влияние на величину рН и время отверждения связующих.

Однако введением в карбамидные смолы отвердителей определенного состава удается регулировать в требуемых пределах не только время отверждения связующих, но и другие их свойства – концентрацию, вязкость, содержание свободного формальдегида и др.

Установлено [1, стр. 101], что процессы склеивания слоистой древесины с применением карбамидных смол при обычном контактом нагреве в гидравлических прессах протекают в 2 – 2,5 раза быстрее по сравнению со временем склеивания древесины однокомпонентными водорастворимыми фенолоформальдегидными клеями. Особенно резко проявляется разница в скоростях склеивания древесины карбамидными и фенольными клеями при нагреве в электрическом поле токов высокой частоты. Применение карбамидных клеев в этих условиях позволяет сократить цикл склеивания в 8 – 10 раз и более.

В настоящее время на предприятиях по производству древесных плит остро стоит вопрос токсичности карбамидных смол. Получение смолы по стандартной схеме синтеза и мольном соотношении 1:1,10 и выше не позволяет получать смолу с низким содержанием свободного формальдегида до 0,1%, поэтому большинство предприятий переходят на производство смол, полученных при пониженном мольном соотношении компонентов, что отрицательно сказывается на их клеящей способности.

Главный показатель качества ДСП — соблюдение технологии при производстве. Европейским лидером по производству ДСП является австрийская фабрика FALCO, которая является основным поставщиком итальянских мебельных фабрик. ДСП изготавливается из древесных опилок и стружек, пропитанных связывающим веществом, — формальдегидными смолами.

В странах СНГ выпускают в основном два вида ДСП: E1 и E2. E1 отличается большей экологической чистотой, показатель эмиссии формальдегида у нее заметно ниже. А вот E2 запрещается использовать в производстве детской мебели. В мебельном производстве используется ламинированная ДСП (это древесно-стружечная плита, облицованная пленкой на основе термореактивных полимеров, — бумажно-смоляными пленками). Любая ламинированная ДСП выдерживает высокие температуры, устойчиво к химическому воздействию и легко моется — это свойство меламиновой смолы, которая и образует защитный слой.

Важным показателем качества ДСП является также влагостойкость. Она определяется показателем разбухания плиты в процентах от изначальной толщины за 24 часа. Для влагостойкой ДСП этот показатель не должен превышать 15%. При изготовлении влагостойкой ДСП в древесно-стружечную массу перед прессованием вводят расплавленный парафин или специальную водоотталкивающую эмульсию.

Экологический стандарт ДСП – класс эмиссии формальдегида – обозначает допустимое ГОСТ 10632-89 содержание свободного формальдегида в 100 г абсолютно сухой ДСП. Это очень важный показатель качества ДСП. Для плиты класса E1 он не превышает 10 мг, для плиты класса E2 — 30 мг. Производство плиты с большим содержанием формальдегида недопустимо. Для изготовления детской мебели разрешается использовать только ДСП класса E1. Именно такая плита, как правило, используется для производства ламинированных и кашированных плит.

В настоящее время из-за дороговизны изделий из натурального дерева ДСП является хорошей альтернативой в производстве строительных материалов и мебели. ДСП обладает высокой прочностью, которая не зависит от направления, в отличие от дерева. Кроме того, изделия из плит ДСП намного дешевле плит из массива дерева при сохранении основных полезных качеств. Единственным недостатком можно считать недостаточную устойчивость к воздействию воды. Плиты ДСП не используют для наружных работ, и не рекомендуется подвергать их воздействию воды и атмосферных осадков. Ламинирование и покрытие шпоном поверхности плит немного уменьшает этот негативный эффект. К утилизации ДСП следует подходить с осторожностью, т.к. выделяемый газ при сгорании формальдегида, вреден для здоровья.

Литература

1. Темкина Р.З. Снижение выделения формальдегида из древесностружечных плит. – М., Химия, 1973, - 147с.

УДК 678.01

Анализ возможности производства волокна капрон периодическим методом

Студент гр. 10МДХП Ястремская Я.Г.

Научный руководитель – Долинская Р.М.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Для изготовления одежды всегда старались пользоваться природными волокнами, получаемыми из хлопка, льна, шерсти некоторых животных, из нитей гусениц тутового шелкопряда. Но природные источники полностью удовлетворить все возрастающую потребность в тканях не могут. Впервые синтетические полиамиды для создания волокон были получены в 1862 г. (поли- α -бензамид) и в 1899 г. (поли- ϵ -капрамид), а их промышленное производство было налажено в 1938 г. в США. В СССР производство полиамидов начато в 1948 г. К полимерам, используемым для получения высококачественных волокон, предъявляется целый комплекс специфических свойств: прочностные и деформативные показатели, стабильность свойств волокон в широком интервале температур эксплуатации и т.д.

Капрон или капроновое волокно – бело-прозрачное, очень прочное вещество. Эластичность капрона на много выше шелка. Капрон - это полиамидное волокно. Капрон методом формования из расплава. Исходное сырье – производные аминокислот. Капрон можно рассматривать как продукт внутримолекулярного взаимодействия карбоксильной группы и аминогруппы молекулы 6-аминогексановой кислоты.

Упрощенно превращение капролактама в полимер, из которого производят капроновое волокно, можно представить следующим образом:

Капролактамы в присутствии воды превращаются в 6-аминогексановую кислоту, молекулы которой реагируют друг с другом. В результате этой реакции образуется высокомолекулярное вещество, макромолекулы которого имеют линейную структуру. Отдельные звенья полимера являются остатками 6-аминогексановой кислоты. Полимер представляет собой смолу. Для получения волокон её плавят, пропускают через фильеры. Струи полимера охлаждаются потоком холодного воздуха и превращаются в волоконца, при скручивании которых образуются нити. После этого капрон подвергается дополнительной химической обработке. Прочность капрона зависит от технологии и тщательности производства. Окончательно выделанный капрон бело-прозрачный и очень прочный материал. Даже капроновая нить, диаметром 0,1 миллиметра выдерживает 0,55 килограммов.

За рубежом синтетическое волокно типа капрон именуется перлон и нейлон. Капрон вырабатывается нескольких сортов; хрустально-прозрачный капрон более прочен, чем непрозрачный с мутно-желтоватым или молочным оттенком.

Наряду с высокой прочностью капроновые волокна характеризуются устойчивостью к истиранию, действию многократной деформации (изгибов). Капроновые волокна не впитывают влагу, поэтому не теряют прочности во влажном состоянии. Но у капронового волокна есть и недостатки. Оно малоустойчиво к действию кислот – макромолекулы капрона подвергаются гидролизу по месту амидных связей. Сравнительно невелика и теплостойкость капрона. При нагревании его прочность снижается, при 215⁰С происходит плавление.

Изделия из капрона, и в сочетании с капроном, стали уже обычными в нашем быту. Из капроновых нитей шьют одежду, которая стоит намного дешевле, чем одежда из натуральных природных материалов. Из капрона делают рыболовные сети, леску, фильтровальные материалы, кордную ткань. Из кордной ткани делают каркасы авто- и авиакрышек. Шины с кордом из капрона более износостойчивы, чем шины с вискозным и х/б кордом. Капроновая смола используется для получения пластмасс, из которых изготавливают различные детали машин, шестерни, вкладыши для подшипников и т.д.

Волокно капрон широко используется в производстве крученых изделий – канатов, шнуров, веревок и т.д., что позволяет экономить природные материалы – хлопок и коноплю. Использование капроновых канатов вместо пеньки снижает расход сырья на 73%, уменьшает вес каната на 76%, затраты труда – на 73%, затраты электроэнергии – на 56%, а себестоимость продукции снижается на 40%. Использование волокна капрон вместо пеньки в канатах позволяет снизить капитальные вложения в 1,5 раза.

Целесообразность создания промышленности синтетического волокна капрон в:

1. высокой технико-экономической эффективности применения волокна,
2. возможности широкого использования волокна капрон в сочетании с другими материалами.

Применение химических волокон целесообразно не только в текстильной промышленности, но и в производстве разнообразных изделий технического назначения. Особое значение в Беларуси приобретают химические волокна в связи с наличием мощной автомобильной и тракторной промышленности и заводов по выпуску резинотехнических изделий.

Рассматривая современную ситуацию в области производства химических волокон, можно утверждать, что в технологии целого ряда уже существующих волокон происходят весьма существенные изменения. К таким изменениям принципиального характера для волокон, формируемых из расплава, следует прежде всего отнести переход к высокоскоростному формованию. Дело в том, что нити, получаемые при обычно использовавшихся скоростях формования (800 – 1200 м/мин), фактически представляют собой полуфабрикат и не могут быть непосредственно применены для получения изделий. Для доведения этих нитей до состояния, пригодного к текстильной переработке, должно быть использовано дополнительное технологическое оборудование. При формовании на высоких скоростях (4 – 6 тыс. м/мин) готовые к текстильной переработке нити получают в результате одностадийного процесса непосредственно на машине формования.

Одной из важнейших проблем производства химических волокон является создание волокон и нитей, применяемых для изготовления материалов, используемых в экстремальных условиях и прежде всего при высоких механических нагрузках и повышенной температуре. Такие материалы определяют развитие многих направлений современной техники (изделия авиационной, космической и электропромышленности, защитная противобаллистическая и негорючая спецодежда и др.). Следует отметить, что наиболее характерными чертами развития промышленности химических волокон на современном этапе является устойчивый рост общего объема их производства, а также изменение и расширение ассортимента выпускаемой продукции. Можно предположить, что будущее в промышленности химических волокон за предприятиями с гибкой технологией, способными быстро откликаться на изменяющиеся требования потребителей.

Таким образом, для получения волокна капрон надлежащего качества периодическим методом необходимо осуществлять переход к высокоскоростному формованию. Для этого нужно использовать дополнительное технологическое оборудование. Использование капронового волокна в производстве крученых изделий позволяет экономить сырье, снизить капиталовложения, уменьшить вес готового изделия. Свойства капроновых волокон и широкое их использование делают целесообразным их массовое производство.

Студент 2 курса 10МДХП Стельмаков А.Ю.
 Научный руководитель – Долинская Р.М.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Полиэтилен представляет собой продукт полимеризации непредельного углеводорода олефинового ряда - этилена.

Синтез полиэтилена методом высокого давления основан на полимеризации газа этилена при температуре 180-200°C и давлении (10^{14} - 2×10^{14} МПа) в присутствии небольшого количества кислорода (0,01-0,1%) в качестве катализатора.

Для суспензирования катализатора используют растворитель (насыщенный углеводород). Более предпочтительны растворители с узким интервалом кипения, содержащие циклопарафин, поскольку он обладает лучшей растворяющей способностью по отношению к полимеру.

Технологическая схема получения полиэтилена на окисном катализаторе изображена на рис.1. Суспензия катализатора в растворителе вместе с этиленом и дополнительным количеством растворителя подается в реактор. Температура реакции поддерживается на уровне 130-160 С, в зависимости от величины молекулярной массы, а давление – $1,7 \times 10^{11}$ - $3,5 \times 10^{11}$ МПа. Время полимеризации регулируется скоростью подачи растворителя, а концентрация полиэтилена - скоростью подачи катализатора. Для отделения непрореагировавшего этилена используют газожидкостной сепаратор. Для отделения катализатора раствор полимера переводят в емкость, разбавляют и нагревают до температуры реакции и выше. Затем смесь раствора полимера и катализатора поступает в сепаратор, где отделяют катализатор центрифугированием или фильтрованием в горячем состоянии. Отделение растворителя производят перегонкой с паром либо осаждением полимера из охлажденного раствора с последующей фильтрацией. Для выпуска в товарном виде полиэтилен уплотняют методом экструзии в расплавленном состоянии. Тонкий порошок, полученный вращением, прессуют на однороторном экструдере, а полимер, содержащий воду (при отгонке растворителя о паром), - на двухроторном экструдере.

Для промышленных целей обычно изготавливают полиэтилен с индексом расплава от 0,2 до 5.

Молекулярная масса полученного полиэтилена зависит от температуры активации катализатора и от температуры полимеризации. Молекулярная масса полиэтилена снижается с увеличением температуры реакции- от 100000 до 25000, но возрастает с увеличением давления этилена.

На активность катализатора оказывает влияние концентрация этилена в растворителе. При содержании его более 4% катализатор быстро выходит из строя.

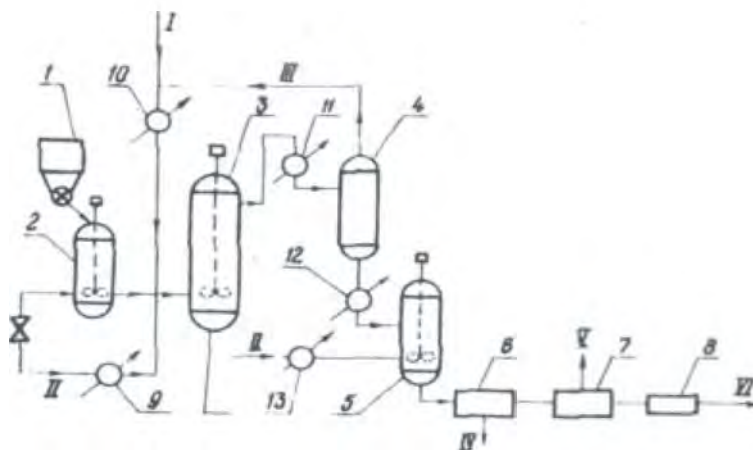


Рисунок 1 – Схема получения полиэтилена на окисном катализаторе:

- 1 - емкость катализатора; 2 - бак суспензии катализатора;
- 3- реактор; 4 – газожидкостной сепаратор; 5 - разбавитель;
- 6 – отделение фильтраций; 7 - отделение регенерации растворителя;
- 8 - экструдер; 9,10,11,12,13 - подогреватели
- Потоки: I – этилен; II – растворитель; III – регенерированный этилен; IV – выделенный катализатор; V – регенерированный растворитель; VI - полимер

В промышленности используются такие катализаторы как ИКТ-8-12 и ИКТ-8-13 для производства широкого ассортимента литевых и экструзионных марок полиэтилена (ПЭ) высокой и средней плотности методом суспензионной полимеризации (в среде углеводорода) при температуре 80-90° С и давлении этилена 6×10^{10} - 12×10^{10} МПа.

Таким образом, с целью получения полиэтилена, который будет перерабатываться методом литья под давлением, и обладать узким молекулярно- массовым распределением (4 – 6) необходимо использовать катализатор ИКТ- 8-12 и катализатор ИКТ-8-13 для получения полиэтилена, перерабатываемого методом экструзии.

Указанные катализаторы обеспечивают эффективный контроль молекулярной массы и молекулярно – массового распределения полиэтилена и получение порошка полимера с оптимальной морфологией, что позволит повысить эффективность производства полиэтилена высокого давления и требуемого качества.

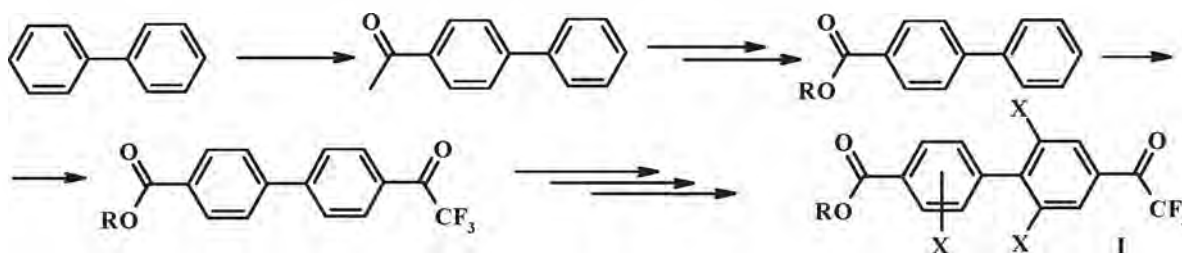
УДК 547.621

Синтез производных бифенила в качестве промежуточных для получения новых трифторметиларилкетонов

Студент 1 группы 2 курса факультета ТОВ Трус И.Н.
Научный руководитель – Ковганко В.Н.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Замещенные трифторметиларилкетоны предложено использовать в качестве сольватирующих добавок для мембран карбоксилат-селективных электродов. При этом подавляющее большинство предложенных материалов относится к ряду замещенных трифторметилфенилкетонов. Например, хорошо изученной сольватирующей добавкой является гексиловый эфир 4-трифторметилбензойной кислоты. Для веществ данного класса установлены основные закономерности влияния типа и положения заместителей в бензольном кольце на сольватирующую способность. В частности, улучшение сольватирующих свойств веществ ряда трифторметилфенилкетонов происходит при введении электроноакцепторных групп в мета- и пара-положения бензольного цикла по отношению к трифторметилацетильной группе. Однако для некоторых веществ с хорошей сольватирующей способностью была обнаружена сравнительно высокая растворимость в воде, что существенно ограничивает возможность их применения в качестве компонентов мембран ионселективных электродов.

Нами предположено, что новые эффективные сольватирующие добавки группы трифторметиларилкетонов могут быть синтезированы на основе бифенила. В общем виде вещества данной группы могут быть изображены структурной формулой I. Мы полагаем, что основные преимущества замещенных трифторметилацетилбифенилов связаны с дополнительными возможностями введения электроноакцепторных групп в два ароматических цикла, а также с вероятным понижением их растворимости в воде за счет увеличения гидрофобности молекул в целом.



где R - алкильный или арильный заместитель, X - электроноакцепторные функциональные группы

С целью проверки указанных выше предположений и установления сольватирующих свойств новых веществ ряда трифторметилацетилбифенилов типа I нами предпринят их синтез. Работа интенсивно проводится в настоящий момент. В частности, синтезирован ряд ключевых промежуточных веществ. Реакцией бифенила с ацетилхлоридом в присутствии хлористого алюминия с выходом более 70% получен 4-ацетилбифенил. Бромформным расщеплением этого вещества с высоким выходом получена бифенилкарбоновая кислота. Дальнейшая работа предполагает получение соответствующих сложных эфиров и ацилирование производными трифторуксусной кислоты. О результатах данной работы будет сообщено дополнительно.

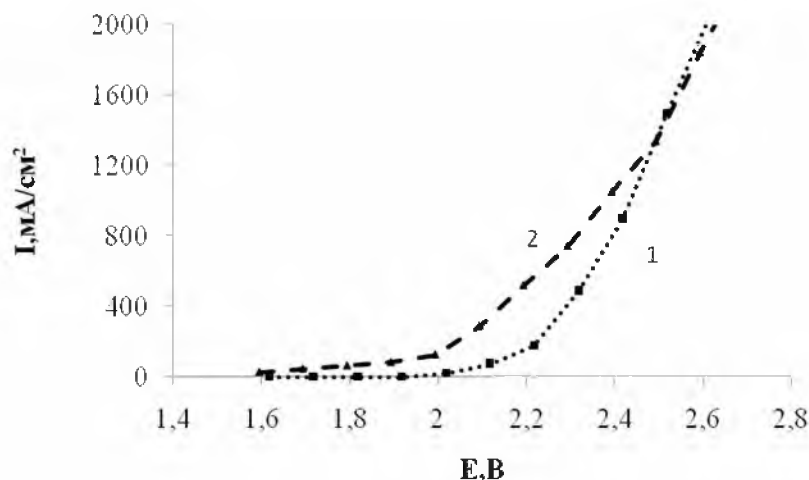
Студентка 11 гр. 5 к. ф-та ХТиТ Пушило Я.И.
 Научные руководители – Черник А.А., Болвако А.К.
 Белорусский государственный технологический университет
 г. Минск

Одним из перспективных направлений химической технологии является применение в качестве окислителя озона. Высокий интерес к озону связан, прежде всего, с его экологической чистотой: он не загрязняет продукты синтеза, является хорошим бактерицидным и обеззараживающим средством, при использовании озона отсутствуют не утилизируемые отходы производств. При этом озон можно получать достаточно простыми способами, как в малых, так и в промышленных количествах. Особый интерес представляет использование озона, как дезодорирующего, дезинфицирующего, деконцерогинизирующего средства, в том числе в локальных автономных системах. Однако это сдерживается высокими энергозатратами для его производства.

Наиболее перспективным анодным материалом для электрохимического синтеза озона является диоксид свинца. Активность анодно осаждаемых пленок PbO_2 в реакциях переноса кислорода может быть значительно увеличена при допировании в процессе осаждения различными катионными и анионными допантами, при этом наличие на поверхности электрода большего количества дефектов будет способствовать возрастанию количества образующегося при электролизе озона.

Целью работы является изучение активности анодных материалов на основе композиции $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2$, допированной катионами Fe^{2+} и Ni^{2+} , в процессе электрохимического синтеза озона в растворах хлорной кислоты. Активное покрытие $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2$ осаждалось на графит марки МПГ-6 при плотности тока 1 А/дм^2 при введении электролита с добавками $5\text{-}20 \text{ ммоль/дм}^3 \text{ Fe}^{2+}$ и Ni^{2+} . Все потенциалы приведены в шкале нормального водородного электрода.

На рис. 1 представлены суммарные анодные поляризационные кривые на электроде $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2$, модифицированном Ni и Fe.

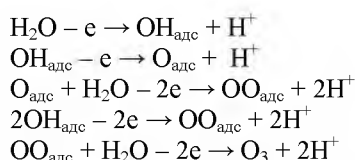


1 – $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2\text{-Ni}$; 2 – $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2\text{-Fe}$

Рисунок 1 – Суммарные анодные поляризационные кривые в растворе $1 \text{ моль/дм}^3 \text{ HClO}_4$

При анализе поляризационных кривых в тафелевских координатах, на поляризационных кривых можно выделить несколько линейных областей при потенциалах $2,0\text{-}2,5 \text{ В}$ и $2,5\text{-}2,7 \text{ В}$. На первом участке сначала происходит образование кислорода, а затем при потенциалах больших, чем $2,5 \text{ В}$ – озона. Из рис. 1 видно, что анодный процесс выделения озона идет при меньшей поляризации на электроде, модифицированном Ni. В свою очередь, электрохимическое получение озона на электроде, модифицированном Fe, происходит с большим перенапряжением.

Механизм образования кислорода в первой области протекает с участием адсорбированных радикалов $\cdot\text{OH}$, которые образуются при разряде воды, причем эта реакция является лимитирующей. А образование на аноде озона – последовательный процесс с образованием на поверхности электрода промежуточных соединений, например, пероксидных радикалов $\text{O}-\text{O}$. Возможная схема озона может быть представлена следующим образом:



Анализируя зависимость выхода по току (ВТ) от анодного потенциала (рис. 2), можно видеть, что наибольший рост ВТ озона наблюдается в области потенциалов 2,9 – 3,1 В.

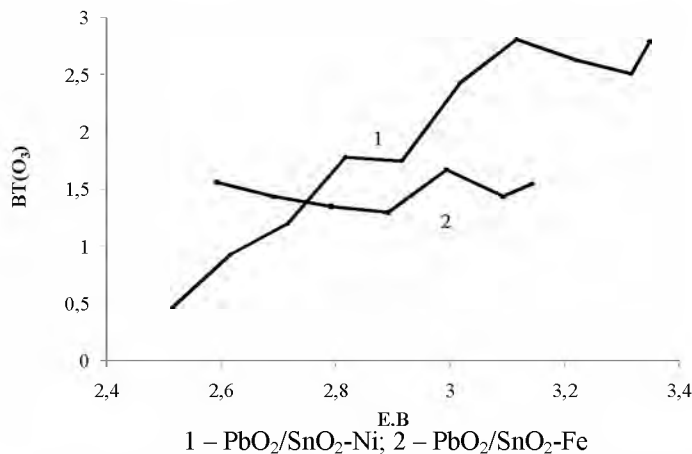


Рисунок 2 – Зависимость ВТ озона от анодного потенциала в растворе 1 моль/дм³ НСlO₄

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективно процесс выделения озона идет на PbO₂/SnO₂, допированном катионами Ni²⁺. При потенциале 3,1 В ВТ озона достигает 2,9 %. В аналогичных условиях для PbO₂/SnO₂, допированном Fe, максимальный ВТ достигается при 3 В и составляет 1,6 %. Рост выхода по току озона при столь высоких положительных потенциалах может быть связан с участием в образовании озона анионов и продуктов их разряда.

УДК 541.64:678.01

Метод термического анализа в идентификации полимерных материалов для их вторичной переработки

Студент гр. 3 Белоусова Т. М.

Научные руководители – Прокопчук Н. Р., Шостак Л.М.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Цель данной работы – идентификация полимерных материалов для их вторичной переработки методом термического анализа. Из полимерных материалов изготавливаются различные предметы первой необходимости, которые в процессе эксплуатации не разрушаются полностью и могут быть использованы повторно. Это полимерные бутылки разных емкостей, используемые в парфюмерной, химической и пищевой промышленности и многие другие изделия. Сбор вторичного сырья для переработки удешевит процесс производства полимерных изделий и улучшит экологию республики в целом, поскольку полимерные материалы могут пролежать в земле более 500 лет, так как не подвержены процессу гниения. Для изготовления изделий из вторичного полимерного сырья оно должно быть расплавлено (приведено в гомогенное состояние), поэтому материалы, обладающие разной температурой плавления, не могут вместе использоваться для вторичной переработки. Таким образом, чтобы процесс использования полимерных материалов для их вторичной переработки был качественным, необходимо идентифицировать эти материалы. Термический анализ – один из важнейших методов физико-химического исследования веществ и используется именно с этой целью.

Метод ДТА (дифференциального термического анализа) основан на сравнении термических свойств образца исследуемого вещества и термически инертного образца, принятого в качестве эталона (прокаленного до 1500°С Al₂O₃). Регистрируемым параметром служит разность их температур, измеряемая при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью, которая может быть представлена в виде функции температуры (образца, эталона или нагревателя). Наиболее широко метод дифференциального термического анализа (ДТА) в последние годы применялся для исследования полимеров.

Полимеры – высокомолекулярные соединения, молекулы (макромолекулы) которых состоят из большого числа регулярно или нерегулярно повторяющихся структурных единиц (звеньев). Метод

дифференциального термического анализа (ДТА) позволяет идентифицировать полимер и смесь полимеров по кривой ДТА. Каждый полимер имеет свою температуру плавления, которая отражается на кривой ДТА в виде эндотермического пика. Например, полиэтилен высокого давления (низкой плотности) ПЭВД (РБ; РФ); Alkaten, Petrolen, Dailan (США); Alkaten (Великобритания); Lupolen, Stafilen (Япония); Fertren (Италия) имеет температуру плавления 95-105° С. Полиэтилен низкого давления (высокой плотности) ПЭНД (РБ; РФ); супер-дайлан, Bakelite (США); Carlen (Великобритания); Monlen (Италия); Lotren (Франция); Novotec (Япония). Температура плавления 120-127° С. Политетрафторэтилен (Тефлон, kel F (США); тефлон, фторпласт-4, фторлон-4 (РФ, РБ и др.)). Температура плавления 300-340°С. Полипропилен РР, липол, каплен, бален, топлен (РФ, РБ); Ptofak, Polyrro (США); данлай, донбанд (Япония), Pgoraten (Великобритания). Температура плавления 165° С. Полиметилметакрилат («плексиглас», органическое стекло, дакрил (РФ РБ); Luste (США); Diacon (Великобритания); Plexiglas (ФРГ); Vedril (Италия); Shincolite (Япония)). Температура плавления 150° С. Капрон, полиамид-6 (РА-6), капролон (РФ, РБ); Nylene, Adell, Carpon, Zutel (США); Ultramid D, Duretan B (ФРГ), Amilan CM (Япония). Температура плавления 215°-225° С. Нйлон, полиамид-6,6 (РА-6,6) анид (РФ, РБ); Ultramid A, Nulon 66, Zutel (США); Maranul, Sutron (Великобритания); Amilan (Япония). Температура плавления 250°-257° С. ПЭТФ – полиэтилентерефталат, лавсан (РФ РБ); Mailar, Dakron, Terilen (США); Grilpet, Hostafan (ФРГ); Pet, E R PET (Япония); Melinex, Terilen (Великобритания). Температура плавления 255°-265° С.

Методом термогравиметрического анализа нами были исследованы для идентификации следующие изделия: шприц одноразового использования фирмы «Helmjest» (производство Германия); флакон и пробка для флакона из-под антибактериального геля для умывания «Чистая кожа» (произведено фирмой «Белита», РБ); флакон и пробка для флакона из-под лосьона для снятия макияжа с век «Черный жемчуг» (произведено в РФ); пакет полиэтиленовый (производство РБ); бутылка и пробка от бутылки из-под напитка «Фруктель» (производство РБ); обертка колбасного изделия (производство РБ). Поскольку каждый полимер имеет свою температуру плавления, которая отражается на кривой ДТА в виде эндотермического пика, было определено, что: шприц одноразового использования фирмы «Helmjest» (производство Германия) (штуцер) изготовлен из ПЭНД (температура плавления-127° С). Шприц одноразового использования фирмы «Helmjest» (производство Германия) (стакан) изготовлен из РР (температура плавления - 160° С). Флакон из-под антибактериального геля для умывания «Чистая кожа» (произведено фирмой «Белита», РБ) изготовлен из РР (температура плавления-147° С). Понижение температуры плавления относительно стандартной говорит о получении флакона из вторичного сырья и добавлении красящих веществ, так как флакон голубого цвета. Пробка для флакона из-под антибактериального геля для умывания «Чистая кожа» (произведено фирмой «Белита», РБ) изготовлена из РР (температура плавления-157° С). Флакон из-под лосьона для снятия макияжа с век «Черный жемчуг» (произведено в РФ) изготовлен из ПЭНД (температура плавления-120°С). Пробка для флакона из-под лосьона для снятия макияжа с век «Черный жемчуг» (произведено в РФ) изготовлена из РР (температура плавления-160° С). Бутылка из-под напитка «Фруктель» (производство РБ) изготовлена из ПЭТФ (температура плавления - 245° С). Пробка от бутылки из-под напитка «Фруктель» (производство РБ) изготовлена из ПЭНД (температура плавления-116° С). Понижение температуры плавления, относительно стандартной, происходит при добавлении красящих веществ. Пробка желтого цвета. Пакет полиэтиленовый (производство РБ) изготовлен из ПЭВД (температура плавления 105° С). Обертка колбасного изделия (производство РБ) изготовлена из ПА – 11 (температура плавления 215° С).

В настоящее время в Республике Беларусь отрасль утилизации и переработки вторичного полимерного сырья только формируется и может быть интересна как крупным инвесторам, так и мелким предпринимателям как способ получения хорошей прибыли во время сырьевого дефицита. Кроме того – это способ решения и экологических проблем. Для того чтобы процесс использования полимерных материалов для их вторичной переработки был качественным, необходимо идентифицировать эти материалы с помощью термического анализа.

Литература

1. Уэндландт У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978.
2. Пилоян О.Г. Введение в теорию термического анализа. М.: Наука, 1984.
3. Топор Н.Д., Огородов Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. М.: Изд-во МГУ, 1987.
4. Шестак Я. Теория термического анализа. М.: Мир, 1987.
5. Берг Л.Г., Бурмистрова Н.П., Озерова М.И., Цуринов Г.Г. Практическое руководство по термографии. Изд-во Казанского университета, 1967 г.

Механохимическая активация в процессе получения НРК удобрений на основе фосфоритов Каратау

Студентка гр. 6 Подвысоцкая Е.Э., Млечко Е.Г.
Научный руководитель – Воробьев Н.И.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Единственным производителем фосфорных удобрений в Республике Беларусь является Гомельский химический завод (ГХЗ), где производство фосфорных удобрений основано на сернокислотном методе переработки апатита. Данная технология приводит к образованию больших объемов экологически опасных отходов – фосфогипса (в отвалах накоплено около 20 млн. тонн) и летучих соединений фтора. Сырьем для производства фосфорных удобрений является Кировский апатитовый концентрат. Высокая стоимость сырья, транспортные затраты и стоимость производства приводят к высокой стоимости выпускаемых удобрений, которые стали недоступны для большинства сельскохозяйственных производителей. Вследствие этих причин производство фосфорных удобрений на ГХЗ сократилось.

Одним из возможных вариантов, альтернативный кислотной переработки, может стать получение минеральных удобрений путем механохимической активации фосфатной составляющей (фторапатита, карбонатапатита) фосфоритов любого низкосортного фосфатного сырья, например фосфоритов бассейна Каратау (южный Казахстан). Технология, основанная на механохимической активации, экологически безопасна, позволяет использовать сырье без ограничения на примеси, не требует больших энергозатрат.

Сущность механохимической активации заключается в инициировании и ускорении химических превращений, при наложении на реагирующие вещества механического воздействия, вызывающего деформацию структуры твердых реагентов.

Фосфориты Каратау характеризуются сравнительно высоким содержанием P_2O_5 в недрах в среднем по бассейну 25% P_2O_5 при отношении $CaO:P_2O_5$, равном 1,62, а для богатой руды (содержанием P_2O_5 не менее 28%) отношение $CaO:P_2O_5$ составляет 1,5, что лишь на 15% превышает подобное соотношение в апатитовом концентрате.

Цель механохимической активации – повысить растворимость (усвояемость) P_2O_5 фосфоритной муки вследствие оказания механического воздействия на структуру в присутствии физиологически кислых добавок (сульфата аммония, сульфата калия и хлорида калия).

В данной работе исследовалось влияние растворимости P_2O_5 от времени активации, шаровой нагрузки и состава активируемой композиции.

В качестве исходного сырья для получения комплексных удобрений использовали фосфоритную муку бассейна Каратау (месторождение Джанатас), сульфат аммония – побочный продукт производства капролоктама ОАО «Гродно Азот», сульфат калия и хлорид калия, выпускаемый на РУП «ПО «Беларуськалий», сульфат калия.

Фосфоритная мука подвергалась активации в присутствии соактивируемых добавок в следующих мольных соотношениях $P_2O_5 : N_2 = 1:1$ и $P_2O_5 : N_2 : K_2O = 1:1:1$. В ходе исследований было установлено, что с увеличением шаровой нагрузки увеличивается лимоннорастворимая форма P_2O_5 . Совместная механохимическая активация фосфорита и сульфата аммония привела к увеличению относительного содержания P_2O_5 до 86,18%. А совместная активация фосфорита, сульфата аммония и сульфата калия дала наибольший эффект, при котором содержание P_2O_5 достигает 90,49%. Активация фосфорита, сульфата аммония и хлорида калия дает 82,69%.

Проведенные в лабораторных условиях эксперименты указывают на высокую эффективность механохимической активации на фосфоритсодержащих смесях, приводящую к существенному увеличению доли усвояемого фосфора, что позволяет рекомендовать данный метод, после соответствующих уточнений и доработки к промышленному внедрению, так как экологические и экологические преимущества данной технологии очевидны.

Влияние детонационного алмазосодержащего наноматериала на свойства эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения

Студент Вишневский К.В.
Научный руководитель – Шашок Ж.С.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Целью настоящей работы было исследование влияния алмазосодержащей шихты марки ША-А с высокой степенью дисперсности на технологические и физико-механические свойства резиновых смесей.

Продукт ША, получаемый детонационным способом, представляет собой порошок черного цвета с насыпной плотностью 0,04 – 0,15 кг/м³ и площадью удельной поверхности – 350-450 м²/г.

В качестве объектов исследования использовались резиновые смеси различного назначения на основе каучуков общего назначения. Модифицирующая добавка вводилась в количестве 0,01; 0,05; 0,1 и 0,2 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Образцами сравнения являлись резиновые смеси и вулканизаты на их основе не содержащие нанодобавку.

Исследование влияния нанодобавки на вязкость резиновой смеси по Муни проводилось на основе эластомерной композиции, состоящей их комбинации трех каучуков: СКИ-3, СКД и СК(М)С-30 АРКМ-15 в соотношении 50:30:20 соответственно. В качестве наполнителя в данной рецептуре применяется технический углерод марки N650 в количестве 65 мас.ч. Обнаружено, что с повышением содержания ША-А до 0,1 мас.ч. наблюдается рост вязкости резиновой смеси от 28,7 усл. ед. до 40,1 усл. ед. Муни. Дальнейшее увеличение содержания шихты приводит к снижению значения вязкости, что наблюдается при дозировке 0,2 мас.ч., вязкость по Муни составляет 32,3 усл. ед.

Возможно, влияние алмазосодержащей добавки на вязкость связано с ультрадисперсностью, структурой и шарообразной формой частиц [1]. Так, с повышением содержания ША-А до 0,1 мас.ч. наблюдается рост вязкости резиновой смеси, что объясняется усиливающим действием добавки. При дальнейшем увеличении ее концентрации она играет роль сухой смазки, облегчающей ориентацию макромолекул в направлении деформации.

Дальнейшие исследования проводились с использованием четырех эластомерных композиций: первая на основе натурального каучука, две резиновые смеси на основе комбинации СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15 в соотношениях 73:27 и 57:43 соответственно, а также на основе комбинации СКИ-3, СКД и СК(М)С-30 АРКМ-15 в соотношении 50:30:20.

Результаты исследований на виброреометре ODR-2000 резиновых смесей при температуре 153 °С приведены на рисунке 1. Из представленных данных видно, что введение модифицирующей добавки способствует сокращению времени достижения оптимума вулканизации как для натурального каучука, так и для синтетических. Наибольшее сокращение времени (практически на 10%) наблюдается для резиновой смеси на основе комбинации трех синтетических каучуков СКИ-3, СК(М)С-30 АРКМ-15 и СКД.

Высокая активность поверхности и химический состав добавки в свою очередь могут оказывать влияние на кинетику вулканизации и конечные свойства вулканизатов. Возможно, это связано с взаимодействием частиц нанодобавки не только с полимером, но и с другими ингредиентами резиновой смеси, в частности с вулканизирующей системой [2]. Наноматериал может адсорбировать на своей поверхности как ускорители, активаторы, так и вулканизирующие агенты и тем самым оказывать влияние на процесс образования узлов пространственной сетки, что в свою очередь будет отражаться и на физико-механических свойствах вулканизатов.

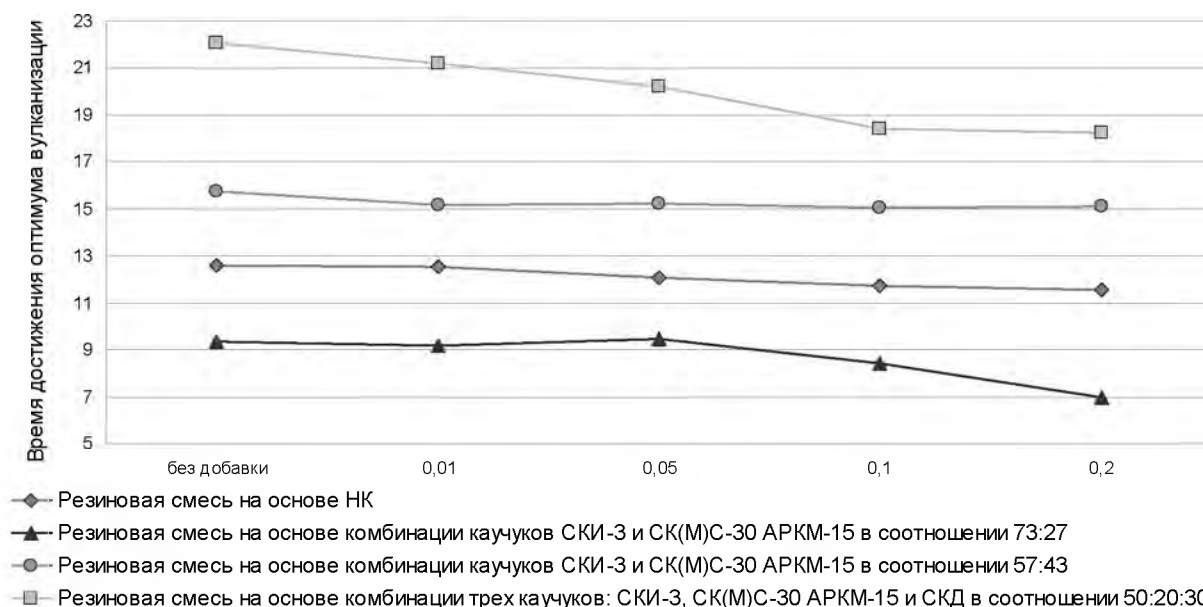


Рисунок 1 – Время достижения оптимума вулканизации для смесей на основе каучуков общего назначения с различными дозировками модифицирующей добавки

Определение физико-механических свойств вулканизатов показало, что вулканизатах на основе натурального каучука, а также на основе комбинации НК и СК(М)С-30 АРКМ-15 в соотношении 40:60 наблюдается увеличение эластических свойств с увеличением дозировки модифицирующей добавки. Если для комбинации натурального и бутадиен-стирольного эта тенденция сохраняется при всех дозировках, то

для эластомерной композиции на основе НК отмечается уменьшение значения относительного удлинения при разрыве до значения соответствующего образцу сравнения. При этом добавка практически не оказывает влияния на такой показатель как условная прочность при растяжении вулканизатов.

В вулканизатах резиновых смесей на основе комбинаций различных синтетических каучуков наблюдается усиливающее действие наноматериала в дозировках от 0,01 до 0,1. Оптимальная дозировка зависит от природы каучуков составляющих основу полимерной матрицы.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что введение высокодисперсной нанодобавки в эластомерную композицию приводит к незначительному изменению кинетики вулканизации резиновых смесей, а также в зависимости от природы каучука и дозировки наноматериала к повышению прочностных свойств вулканизатов.

Литература

3. Влияние детонационного наноглерида на свойства смесей на основе каучуков СКИ-5 и СКИ-3/ Цыпкина И.М., Возняковский А.П.// Каучук и резина. – 2003, №1 – С.10-12.

4. Применение ультрадисперсного алмазографита в качестве модификатора морозостойких уплотнительных эластомеров/ Адрианова О.А., Соколова М.Д., Попов С.Н.// Каучук и резина. – 1999, №6 – С.25-28.

УДК 661.833

Получение комплексных серосодержащих удобрений на базе фосфоритов различных месторождений

Студентка гр. 6 Кузьмич В.Н.
Научный руководитель – Воробьев Н.И.
Белорусский государственный технологический университет
г.Минск

Основным способом получения комплексных удобрений в Республике Беларусь является нейтрализация экстракционной фосфорной кислоты аммиаком с последующим смешением образовавшейся суспензии с карбамидом и хлористым калием, грануляцией и сушкой продукта. Таким методом получают аммофос и комплексные NPK – удобрения с различным соотношением питательных элементов. Основным сырьем для получения экстракционной кислоты до недавнего времени служили апатитовые концентраты Хибинского месторождения, содержащие 39,5% P_2O_5 . В настоящее время цены на апатитовые концентраты резко возросли, а поставки его сократились. В связи с этим ОАО «Гомельский химический завод» вынужден изыскивать альтернативные источники сырья, к числу которых относятся Сирийские фосфориты и фосфориты Кара-тау (Казахстан).

Целью настоящей работы является разработка технологии получения комплексных серосодержащих NPK – удобрений на основе низкосортного сырья – фосфоритов Кара-тау и Сирийских фосфоритов как более дешевого сырья.

С целью определения оптимальных технологических параметров получения комплексных удобрений из указанных источников сырья была изучена зависимость коэффициента разложения фосфоритов от концентрации серной кислоты. Проведенные исследования показали, что максимальная скорость разложения достигается при концентрации серной кислоты 50-55%. В результате разложения образуется суспензия, содержащая фосфорную кислоту, сульфат кальция и неразложившийся фосфорит.

Для получения NPKS удобрений по безотходной технологии образующаяся суспензия нейтрализуется аммиаком, смешивается с карбамидом и хлористым калием и подается на сушку и грануляцию.

Таким образом, функциональная схема получения комплексных NPKS удобрений состоит из следующих стадий:

1. Разложение фосфорита серой кислотой.
2. Нейтрализация пульпы аммиаком.
3. Сушка и грануляция.

Результаты расчетов показали, что на основе фосфоритов Каратау можно получить следующие виды NPK удобрений:

неуравновешенное удобрение NP: 5:15,
уравновешенное удобрение NP: 12:12,
уравновешенное удобрение NPK: 10:10:10.

А на основе Сирийских фосфоритов можно получить следующие виды NPK удобрений:

неуравновешенное удобрение NP: 6:16.
уравновешенное удобрение NP: 14:14.
уравновешенное удобрение NPK: 11:11:11.

Для получения более концентрированных удобрений процесс разложения необходимо вести смесью серной и фосфорной кислоты.

УДК 661.833

Переработка фосфоритов Сирии методом механохимической активации

Студент гр. 6 Сочина Е.В., Макалович С.Н.

Научный руководитель – Соколов М.Т.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Современное сельское хозяйство РБ испытывает острый недостаток в фосфорсодержащих удобрениях. Сырьем для производства удобрений на единственном республиканском производителе Гомельском химическом заводе является апатитовый концентрат Хибинского месторождения. Цены на апатитовый концентрат в последние годы возросли и его поставки в РБ сократились. Запасы этого месторождения исчерпываются и поэтому актуальны поиски новых источников фосфорсодержащего сырья. Одним из таких альтернативных сырьевых источников является Сирийский фосфорит.

Методом переработки Сирийских фосфоритов может стать метод механохимической активации. Сущность его заключается в инициировании, ускорении химических превращений, при наложении на реагирующие вещества механического воздействия, вызывающего деформацию структуры твердых реагентов. Пластинчатая деформация твердого тела обычно приводит не только к изменению формы твердого тела, но и накоплению в нем дефектов, изменяющих физико-химические свойства, в том числе реакционную способность. Накопление дефектов может быть использовано в химии для ускорения реакций с участием твердых веществ, снижения температуры процессов и других путей интенсификации химических реакций в твердой фазе.

Целью настоящей работы было исследовать возможность перевода неусвояемых форм фосфора исходного сырья в усвояемые посредством их механохимической активации.

Для исследования использовался сирийский фосфорит следующего химического состава, массовая доля, %: P_2O_5 (общ.) 29,6, P_2O_5 (л.р.) 6,04, F 3,0, CaO 47,56, R_2O_3 (R - Al, Fe) 0,34, SO_3 1,1, SiO_2 7,3, MgO 0,54, содержание влаги 5,46. Механохимическую активацию сирийского фосфорита проводили в планетарной мельнице Pulverisette-6 (фирма Fritsch, Германия) со скоростью 400 мин⁻¹, время активации 5 – 120 мин, масса образцов для механохимической активации 5 г, шаровая нагрузка 5:1, 10:1. Степень превращения неусвояемых форм в усвояемые оценивали по содержанию растворимого P_2O_5 в растворах 2 % лимонной кислоты.

Необработанный сирийский фосфорит характеризуется растворимостью (P_2O_5 (усв.)/ P_2O_5 (общ.), %) в растворах лимонной кислоты – 19,39%. Растворимость механоактивированных образцов сирийского фосфорита быстро повышается с увеличением времени активации и достигает максимального значения 43,5% при продолжительности активации 10 минут и шаровой нагрузке 10:1. Увеличение времени активации приводит к замедлению и установлению постоянных значений. Введение в композицию сульфата аммония и SiO_2 повышают растворимость фосфорита в растворах лимонной кислоты до 57,45% при шаровой нагрузке 5:1 и времени активации 80 минут. Возможно, это связано с внедрением в анионную подрешетку анионов SO_4^{2-} и SiO_4^{4-} , ионные радиусы которых соизмеримы с ионным радиусом PO_4^{3-} . Снижение шаровой нагрузки приводит к увеличению времени активации.

Такой метод переработки Сирийского фосфорита имеет экологические преимущества перед традиционными, а именно: 1) механически активированные фосфаты не повышают кислотности почв, они являются мелиорантами, улучшающими структуру почв, а в некоторых случаях понижают их кислотность; 2) в отличие от суперфосфата механически активированные фосфаты не взаимодействуют с оксидами железа и алюминия, которые содержатся в почве, и могут фиксировать часть подвижного фосфора, переводя его в неусвояемую растениями форму; 3) длительность действия механически активированных фосфатов составляет от 5 до 7 лет, в то время как традиционные водорастворимые фосфаты вводятся через каждые два года. Это снижает негативные последствия уплотнения почвы колесами сельскохозяйственных машин, вносящих удобрения; 4) при производстве удобрения не происходит выделения фтористого водорода. Находящийся в исходной руде фтор переходит в почву в виде нерастворимой и малоактивной формы флюорита.

Влияние минерализаторов на свойства пигментов гранатоподобной структуры

Студент гр. 9 Жиленко О. И.

Научный руководитель – Пищ И.В.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Современное керамическое производство испытывает потребность в новых эффективных высокотемпературных керамических пигментах, предопределяющих качество и потребительскую стоимость выпускаемой продукции. Цель работы определялась разработкой составов высокотемпературных пигментов на основе доступных исходных сырьевых компонентов, а также учитывая, что на развитие цвета пигментов оказывает влияние стекловидная фаза, предложить наиболее подходящую минерализующую добавку.

Керамические пигменты представляют собой окрашенные шпинели, гранаты, корунды и другие минералы. Они получают при высокотемпературном синтезе указанных выше минералов.

Исследования проводились в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$. В качестве сырьевых материалов использовали обогащенный кварцевый песок Гомельского ГОКа или кремнегель, технический глинозем, карбонат магния или оксид магния. Хромофорами выступали оксиды CoO , NiO , Fe_2O_3 , а минерализаторами – борная кислота и криолит.

Применение данных сырьевых компонентов позволило синтезировать высокотемпературные пигменты гранатоподобной структуры с широкой цветовой палитрой.

Расчет компонентов шихты осуществляли с учетом соотношения оксидов в химической формуле пироба ($3MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$), для достижения максимального выхода этой кристаллической фазы.

Синтез пигментов проводился в лабораторной электрической печи при температурах 1000, 1100, 1200°C с выдержкой 1 час.

При визуальном осмотре пигментов установлено, что изменение окраски синтезированных пигментов обусловлено температурой синтеза, соотношением исходных компонентов и наличием минерализаторов. С увеличением температуры синтеза наблюдается усиление окраски пигментов, что, очевидно, связано с видом и количеством формирующихся цветонесущих фаз. Установлено, что использование оксидов переходных металлов позволило синтезировать пигменты широкой цветовой гаммы: зеленого, салатого, фиолетового, коричневого цвета.

Выявлено, что наиболее яркие тона получаются при температуре 1200 °C без минерализатора, а с минерализатором при температуре 1100°C. При данной температуре получены порошки средней плотности, имеющие насыщенную окраску, о чем свидетельствуют кривые спектральных отражений. При замещении MgO на CoO (0,1–1,0 моль) цвет пигмента изменяется от бледно-сиреневого до фиолетового. При частичной замене Al_2O_3 на Fe_2O_3 цвет пигмента желтый, а при полной – темно-коричневый. Наиболее яркий по цвету и имеющий достаточно высокую степень чистоты пигмент содержит 1 моль CoO . Пигменты, полученные в замещением MgO на NiO , приобретают салатый и темно-зеленый цвет. Введение в состав пигментов минерализаторов позволило не только увеличить интенсивность окраски, но и снизить температуру обжига на 100 °C.

Введение в состав шихты в виде минерализатора криолита позволило синтезировать пигменты розового, голубого и сиреневого цветов. Кривые спектральные отражения данных пигментов имеют достаточно низкие значения коэффициентов отражения (18-25%), что свидетельствует об их интенсивной окраске. Ниже приведены основные свойства оптимальных составов.

Таблица 1– Цветовые характеристики синтезированных пигментов

№ пигмента	Координаты цветности			Доминирующая длина волны, нм	Чистота тона, %
	x	y	z		
1.1*	0,226	0,211	0,563	471	43
1.2*	0,234	0,229	0,537	478	45
1.3*	0,262	0,249	0,489	472	19

Таблица 2 – Результаты определения кислото- и щелочестойкости

Номер состава	Кислотостойкость, %	Щелочестойкость, %
1.3*	96,3	96,1
2.3*	96,9	95,8
3.3*	96,4	96,1

Согласно данным рентгенофазового анализа никель- и кобальтсодержащих пигментов, установлено, что в ходе высокотемпературного синтеза формируются фазы муллита, α -кварца, кроме того образуются цветонесущие фазы следующего состава $2\text{CoO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{NiO}\cdot\text{SiO}_2$, а также присутствуют оксиды алюминия, кобальта и никеля. В железосодержащих и кобальтсодержащих пигментах при использовании криолита также отмечается присутствие фазы альмандина $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ и шпинели CoAl_2O_4 соответственно.

Полученные пигменты могут применяться для объемного окрашивания керамических и полимерных масс, вводится в состав глазурей, также использоваться для приготовления керамических красок, стойких к воздействию высоких температур и ультрафиолетовых лучей.

УДК 001.895

Критерии и показатели оценки эффективности представления научно-технической продукции на выставочных мероприятиях

Магистрант ПСФ – Томашева Т.И.

Научный руководитель – Алексеев Ю.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Инновационный процесс включает в себя не только разработку новой технологии и получение нового продукта. На современном этапе особое значение приобретает технологический трансфер как в межстрановом, так и во внутригосударственном аспекте с целью укрепления научно-технического потенциала и результативного использования новейших достижений. Выставочно-ярмарочная деятельность является одним из эффективных инструментов на этапе продвижения новой продукции и высоких технологий, так как подобные мероприятия обеспечивают прямые контакты между разработчиками и покупателями.

Для определения целесообразности участия в выставках необходимо проводить оценку эффективности. Решение этого вопроса является многоаспектной проблемой, осложненной отсутствием универсального единого подхода, позволяющего системно и целостно оценивать результативность с помощью количественных и качественных показателей.

Исследовав подходы к оценке эффективности выставочной деятельности, проанализировав их преимущества и недостатки, была предложена методика, учитывающая специфику самой научно-технической продукции.

Систему показателей эффективности можно представить четырьмя блоками, в которых отражены цели и соответствующие им показатели:

1. имиджевые (включение в выставочные каталоги, количество контактов, число полученных медалей);
2. коммерческие (количество заключенных договоров, соглашений и т.д.);
3. общие (количество выставочных мероприятий, качественный состав аудитории и другие);
4. мощностные (площадь стенда, специализация и т.д.).

Особенностями предложенной методики являются выделение временных периодов оценки эффективности; формирование системы специфических показателей оценки экономической эффективности участия организаций в выставке, а также системы дополняющих ее показателей имиджевой результативности; анализ полученных систем показателей. Методика предполагает двухэтапную оценку: первый этап – сразу после окончания выставки; второй этап – через несколько месяцев после ее проведения.

Анализ результатов должен становиться основой решений последующего участия в выставках. Результаты оценки всегда выявляют организационные ошибки, помогают выработать будущие концепции стенда, оказывают влияние и на отбор участников в выставках. Сравнение в цифрах с предыдущими или сходными мероприятиями помогает понять современные тенденции и скорректировать решения по поводу участия в выставочно-ярмарочных мероприятиях.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автушко Г.Л.	151, 154, 158	Вишневский К.В.	238
Агеенко О. В.	227	Власюк О.А.	163
Алексеев Д.А.	102	Волочко А.Т.	119
Алексеев П.А.	103	Волчкович Д.В.	136
Алексеев Ю.Г.	243	Воробьев Н.И.	238, 240
Алимов В. И.	53	Воронцова О.	155
Алимов В.И.	48, 51, 113	Врублевская Е.В.	215
Андриц А.А.	22, 23	Гаврилов В.М.	153
Аношко Н.В.	84	Гайдо Ю.С.	163
Анушко Т.Ю.	164, 166	Галаев К.О.	134
Арабей А.В.	8, 12	Ганак А.П.	71
Астапенко А.А.	96	Гарост А. И.	50
Астахов В.Ю.	100	Гвоздевич О.Ю.	217
Астахова Т.А.	177	Гегеня Д.В.	32
Бабицкая Д.В.	205	Генюш И.П.	40
Базылик Д.В.	27, 57	Георгиаду М.В.	48
Баранов Д. А.	93	Головков В.В.	128
Баган А.В.	88	Голубцова Е.С.	116, 124, 127, 130, 144
Батовский Е.Н.	84	Гралько В.В.	19
Бежок А.П.	19	Григорьев С.В.	142
Белаш Е.В.	129	Григорьева И.М.	139
Белоусова Т. М.	236	Громов С.А.	116
Белявин К.Е.	84	Гуминский Ю.Ю.	64
Белявская В.Н.	85	Давидович Л.М.	84
Беляцкий В.Н.	191	Даниленко Е.В.	216
Билиба Ю.Э.	180	Данилко Б.М.	173
Бильдюкевич А.В.	197	Демещик К.А.	186
Бирюк В.А.	210	Демченко Е.Б.	129
Бобкова Н.М.	189	Денищик О.В.	202
Бобровник А.В.	198	Долинская Р.М.	228, 229, 230, 231, 233
Болвако А.К.	235	Домаш А.В.	79
Болоболкин А.В.	46	Дубаневич Е.Р.	55
Бондаренко А.А.	84	Дубина В.А.	5
Бондаренко Ж.В.	213, 216	Дубинчик И.В.	193
Борисов С.В.	30	Дубинчик О.Ю.	173
Борткевич Г.В.	30	Дудинский В.М.	28, 29
Бровка Г.М.	186	Дятлова Е.М.	202, 208
Бостынец С.М.	27, 57	Евсеева Е.А.	196
Бугаев А.В.	99	Емельянов М.Ю.	197
Бувич Т.А.	9	Ероховец П.А.	65
Букато Н.Ю.	119	Ефимова Т.Н.	202
Буланов А.В.	200	Жавино К.В.	182
Булойчик И.А.	30	Жарский И. М.	227
Бурак Г.А.	192	Жертвовская Н.В.	51
Бурдоленко О.Н.	213	Жиленко О. И.	242
Бурий Ю.Э.	183	Жолнерович Н.В.	190
Бэйнер М.В.	162	Жоховец Е.И.	85
Варакса Д.В.	130	Жук Н.Н.	175
Василевская Т. А.	194	Журавков Н.М.	160
Васильев Е. Д.	180	Журавлева М.В.	139
Вейник В.А.	39	Забавнюк А.В.	144
Величко Е. В.	53	Забавский В.О.	70
Вереник Я.А.	167	Заболотная Е.Б.	204
Веренич И.А.	134	Задруцкий С.П.	5
Верховская И.А.	216	Замотин Г.Н.	87
Вершеня Е.Г.	153, 155	Згурская А.А.	119
Вершина А.К.	137, 147	Зенькевич А.В.	94
Винерский С.Н.	180, 181, 182, 183, 185	Зенько П.В.	5
Виолентий Д.Р.	134	Зык Н.В.	198

Иваницкий Д.М.	85	Кушнир Н.С.	211
Иванов М.И.	4	Лазаренков А.М.	150, 168
Иванова И.О.	127	Лебедько С.В.	27, 57
Иванченко В.А.	17, 201	Левицкий А.Г.	116
Исаевич Л.А.	96	Левицкий И.А.	217, 226
Кабальников С.С.	87	Левкович М.Н.	93
Кабишов С.М.	108	Левчук Н.С.	178
Казак А.Д.	16	Лейман А.А.	100
Калошин К.Л.	6	Леонович С.М.	104
Камошина М.А.	181	Лепихов А.Ю.	74
Капленко Е.С.	26, 38	Лещко А.И.	136
Капуста Д.О.	191	Лигатко Л.А.	188
Капцевич В.М.	121, 132	Липницкий А.С.	98
Карбовский А.С.	88	Липский Е.А.	182
Карнаух В.В.	69	Лисовский М.А.	98
Карпенко В.М.	74	Лобкова Ю.В.	48
Карпицкий В.С.	87	Логачев М.В.	90
Карпович Е.В.	223	Ложечников Е.Б.	98, 99, 104
Касимцев В.С.	47	Лопа И.В.	102
Кастрицкая Н.А.	206	Лукашевич Е.А.	213
Керженцева Л.Ф.	129	Лукьянова Р.С.	204
Кирей Т.С.	207	Лущик П.Е.	11
Кирсанов Б.А.	13	Лущик П.Е.	6, 12
Киселева Т.Н.	164	Любимов В.И.	91
Кишко А.А.	154	Мазура Н.В.	206, 207
Кищук Е.В.	189	Мазюк В.В.	123
Климашевич В.Б.	145	Макалович С.Н.	241
Климчук Е.Е.	158	Максимчик М.М.	9
Клындюк А.И.	215, 219	Малашко А.М.	160
Князев А.Г.	6	Малашонок И.Е.	194
Кобец Е.В.	77	Мануленко А.Ф.	211
Ковганко В.Н.	234	Маркова Е.В.	48
Козлова О.В.	150	Мартынов В.В.	72
Козлова О.Е.	4	Марукович С.С.	142
Коленковский С.О.	183	Маскаленко Н.С.	134
Комаров О.С.	17	Матюшинец Т.В.	79
Кононова Н.Н.	12	Медведев Д.И.	199
Константинов В.М.	26, 38	Меженцев А.А.	200
Корзик А.П.	33	Мелешко А.А.	226
Корнеев С.В.	111	Мельниченко А.Г.	54
Коробко Е.В.	139	Менделеева О.Л.	32
Коротков С.Ю.	16	Михальцов А.М.	16
Костюк Е.Н.	220, 222	Михлюк М.А.	35
Круговец И.В.	87	Мишкевич М.Г.	78
Крук Е.Г.	168	Млечко Е.Г.	238
Крутилин А.Н.	66, 67, 69	Мордик Е.В.	170
Крутько Э.Т.	145	Мордик Е.В.	163
Крутько Э.Т.	139	Морозов Д.С.	108
Крутько Э.Т.	139, 197	Муслина Д.Б.	181
Крылов-Олефиренко В.В.	42	Мухо А.Д.	91
Крышнёв В.А.	112	Навойчик С.А.	124
Крякин В.В.	154	Назарова О.И.	41, 42
Кудин М.В.	88	Науменко А.А.	161
Кузина М.А.	109	Науменко А.М.	151, 152, 156, 157, 163, 167
Кузьмич В.Н.	240	Невар Н.Ф.	80
Кузьмич Т.П.	165, 171, 174	Неменёнок Б.М.	4, 5
Куис Е.А.	190	Ненева М.В.	228
Кулинич А.С.	19	Нестеренко В.А.	188
Кундикова Е.А.	152	Нечаев Л.М.	47
Курило И.И.	203	Николаенко А.С.	96
Курицына О.	151	Николайчик Ю.А.	70, 71
Кусин Р.А.	117	Никончук О.А.	199
Кухарчук М.Н.	66	Нисс В.С.	130

Новик Е.А.	181	Слепнева Л.М.	188
Новогорская А.Ю.	174	Слижов Д.Ю.	193
Новосельская Л. В.	50	Слуцкий А.Г.	13, 19
Овчинников П. С.	93	Снарский А.С.	130
Одинокко В.Ф.	64, 72, 75	Соколов Е.Г.	141
Орличеня Н.Г.	139	Соколов М.Т.	241
Острога С.П.	144	Соколов Ю.В.	41
Пажитных Е.В.	77	Сочина Е.В.	241
Панченко Е.В.	103	Сошенко А.А.	8, 12, 150
Папко Л. Ф.	224	Спивак О.В.	182
Парницкий А.М.	36	Стельмаков А.Ю.	233
Парницкий Н.М.	44	Стефанович А.В.	57
Парфимович Н.Л.	208	Стефанович В.А.	27, 30
Пастухович С.В.	77	Талака Т.Л.	136
Пашкевич В.Ф.	59	Терешко В.В.	175
Пашкович М.А.	211	Терещенко И.М.	223
Педан Д.Н.	113	Тихонова И.В.	48
Перетрухин В.В.	177, 178	Ткаченко Г. А.	38
Петрикевич М.Е.	132	Ткаченко Г.А.	26
Пивоварчик А.А.	21	Томашева Т.И.	243
Пилецкая А.С.	229	Транчак Н.В.	183
Пилипович С.В.	21	Трипузо Ю.Ю.	165, 171
Пищ И.В.	225, 242	Трус И.Н.	234
Подвысоцкая Е.Э.	238	Турло С.В.	156
Подгорный Д.В.	91	Урбанович Н.И.	17
Подлипский С.Н.	192	Ушакова И.Н.	162
Полуян М.О.	5	Фалей А.А.	203
Потапчик Т.Л.	174	Федоринов И.	158
Проворова И.Б.	201	Федоров А.Н.	201
Прокопчук Н. Р.	236	Фёдоров А.Н.	17
Протасевич Г.Ф.	32, 36, 44, 55	Филоненко Н. Ю.	49
Пунько С.Е.	75	Филянович Л.П.	161, 166, 172
Пупко В.В.	170	Флоризяк Е.В.	185
Пучков Э.П.	33, 35, 42, 45, 54	Фолежинский С.И.	94
Пушило Я.И.	235	Фомичева Н.Б.	46
Пясковская Т.В.	49	Хартанович О. А.	58
Радецкая С.С.	225	Хвалько А.Е.	137
Раик А.Г.	50	Хренов О.В.	117
Ратников П.Э.	110, 112	Цуканов С.В.	5
Рафальский И.В.	6, 8, 11, 12, 108	Черепица С.В.	220, 222
Реутенок Ю.А.	123	Чересъев Д.Н.	168
Решетина А.В.	230	Черник А. А.	227
Родевич В.В.	23	Черник А.А.	211, 235
Розум В.А.	9	Чернушевич Г.А.	178
Романенко М.О.	177	Чирун Д. А.	80
Романова Т.К.	128	Чичко А. Н.	78
Рудницкий Ф.И.	65, 77	Чугаев П.С.	121
Румянцева Г.А.	109	Шабан Е.Е.	147
Русан Н. В.	224	Шагойко Ю.В.	193
Савченко А.И.	196	Шапчиц Д.В.	84
Сазанович Н.В.	219	Шашок Ж.С.	238
Сайков М.А.	64, 72, 75	Шевцов А.А.	19
Сандова Г.А.	185	Шегидевич А.А.	88
Саранцев В.В.	119	Шестюк И.В.	32
Свибович А.Н.	210	Шибeko О.О.	134
Селедкин Е.М.	100	Шибут А.В.	110
Семянникова А.А.	130	Шидловский А.А.	16
Сергеев Л.Е.	128	Шиманович О.А.	94
Сергеенко М.В.	117	Шишпар С.Г.	180
Сергееня В.Н.	67	Шнып И.А.	204
Ситкевич М.В.	40	Шостак Л.М.	236
Скворцов В.А.	70, 71	Шохин А.А.	45
Сковородко О.В.	127	Шувькин А. Ф.	90

Шумская А.С.	42	Яганов Е.О.....	172
Шункевич В.О.	205	Яглов В.Н.....	188
Шуст А. С.	22	Язвинский Д.С.....	5
Щербаков Э.Д.....	28, 29, 59	Якименко Д.С.....	141
Щербаков Ю.А.	16	Якушкина А. В.....	170
Щурак П.С.	4	Ямная Д.А.	157
Эмелло Г.Г.....	213	Янущик Н.М.....	39
Юркевич Е.В.....	181	Ястремская Я.Г.....	231
Юрчак А. Н.....	111		

СОДЕРЖАНИЕ

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Анализ объёмов и состава вредных выбросов, образующихся при плавке сплава АК9 в индукционных тигельных печах	4
Студенты гр. 104114 Иванов М.И., Щурак П.С., гр. 104126 Козлова О.Е. Научный руководитель – Неменёнок Б.М.	
Совершенствование составов флюсовых композиций для проведения металлургического переплава алюминийсодержащих отходов	5
Студенты гр.104125 Зенько П.В.,Полуян М.О. Научный руководитель – Задрецкий С.П.	
Получение пеноалюминия из вторичных алюминиевых сплавов	5
Студенты гр. 104115 Цуканов С.В., Дубина В.А., гр. 104125 Язвинский Д.С. Научный руководитель – Неменёнок Б.М.	
Эффективные методы калибровки входных данных для систем компьютерного моделирования литейных процессов	6
Научный руководитель – Рафальский И.В. Научный консультант – Лущик П.Е. Студенты гр. 104125 – Калошин К.Л., Князев А.Г.	
Исследование методики компьютерного термического анализа для получения данных о фазовых превращениях в литейных алюминиевых сплавах	8
Студент группы 104114 – Сошенко А.А. Научный руководитель – Рафальский И.В., Научный консультант – аспирант Арабей А.В.	
Исследование влияния модифицирования барий-стронциевыми карбонатами на структуру и свойства стали 110 Г 13Л	9
Студенты гр. 104115 Максимчик М.М., гр. 104115 Бувич Т.А. Научный руководитель – Розум В.А.	
Электронная база данных для анализа технологических факторов литейного производства, определяющих качество литейной продукции	11
Научный руководитель – Рафальский И.В. Магистрант – Лущик П.Е.	
Неразрушающие акустические методы контроля качества литых изделий ответственного назначения	12
Студенты группы 104114 Сошенко А.А., 104514 Кононова Н.Н., магистрант Лущик П.Е. Научный руководитель – Рафальский И.В., Научный консультант – аспирант Арабей А.В.	
Быстроохлажденный, гранулированный модификатор для получения высокопрочного чугуна	13
Студент группы 104114 Кирсанов Б.А. Научный руководитель – Слущкий А.Г.	
Разработка состава водоземulsionной смазки для пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов	16
Студент гр. 104124 Коротков С.Ю., ст. гр. 104125 Шидловский А.А. Научный руководитель – Михальцов А.М.	

Автоматизация и механизация разделительных покрытий при литье под давлением	16
Студента гр. 104124 Щербаков Ю.А., Казак А.Д. Научный руководитель – Михальцов А.М.	
Вторичные ресурсы как источник дорогих металлов для комплексного модифицирования чугунов	17
Студент гр. 104115 Иванченко В.А., студент гр104115 Фёдоров А.Н. Научный руководитель – Урбанович Н.И., Комаров О.С.	
Моделирование литниково-питающих систем с использованием САПР AMD	19
Студент гр. 104115 Кулинич А.С. Научный руководитель – Бежок А.П.	
Исследование процесса алюминотермического восстановления металлов для смесей с низкой термичностью	19
Студент гр. 104114 – Шевцов А.А., студент гр. 104125 – Гралько В.В. Научный руководитель – Слущкий А.Г.	
Разделительные покрытия для изготовления стержней понагреваемой оснастке	21
Студент гр. 104124 Пилипович С.В. Научный руководитель – Пивоварчик А.А.	
Импортозамещающая технология и оборудование для извлечения алюминия и меди из низкосортных отходов производства	22
Студент гр. 113624 Шуст А. С. Научный руководитель – Андриц А.А.	
Анализ методов переработки олово- и свинецсодержащих отходов	23
Студент гр. 104117 Родевич В.В. Научный руководитель – Андриц А.А.	
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
Повышение износостойкости деталей корпусов плугов	26
Аспирант – Ткаченко Г.А., студент – Капленко Е.С. Научный руководитель – Константинов В.М.	
Оптимизация режимов отпуска быстрорежущей стали	27
Студенты гр. 104514 Базылик Д.В., Бостынец С.М., Лебедько С.В. Научный руководитель – Стефанович В.А.	
Преимущества закалки в вакууме	28
Студент гр. 104514 Дудинский В.М. Научный руководитель – Щербаков Э.Д.	
Применения вакуумного оборудования при химико-термической обработке деталей	29
Студент гр. 104514 Дудинский В.М. Научный руководитель – Щербаков Э.Д.	
Проблемы разрушения муфты замка для бурильных труб	30
Студенты гр. 104215 Борткевич Г.В., Булойчик И.А. Научные руководители – Стефанович В.А., Борисов С.В.	
Новая форма интеграции науки и промышленности	32
Студент гр.104126 Шестюк И.В. Научный руководитель – Менделеева О.Л.	

Особенности процесса цементации в современном производстве	32
Студент гр.104214 Гегеня Д.В. Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.	
Маркировка сталей в странах Европейского Союза	33
Студент гр. 104215 Корзик А.П. Научный руководитель – Пучков Э.П.	
Аморфные металлы	35
Студентка гр.104215 Михлюк М.А Научный руководитель – Пучков Э.П.	
Металлические материалы в ядерной энергетике	36
Студент гр. 104215 Парницкий А.М. Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.	
Анализ технологий нитроцементации	38
Студент гр.104214 Капленко Е.С., аспирант Ткаченко Г. А. Научный руководитель – Константинов В.М.	
Алитирование сталей с целью повышения жаростойкости и термостойкости	39
Студент гр. 104217 Янущик Н.М. Научный руководитель – Вейник В.А.	
Анализ эффективности использования химико-термической обработки для повышения стойкости оснастки для протягивания металлопроката в условиях МТЗ	40
Студент гр. 104214 Генюш И.П. Научный руководитель – Ситкевич М.В.	
Структура и свойства напыленных покрытий NiCrBSi-Mo	41
Студент гр. 104514 Назарова О.И. Научный руководитель – Соколов Ю.В.	
Состояние стали после плазменной резки	42
Студент гр. 104514 Назарова О.И. Научный руководитель – Крылов-Олефиренко В.В.	
ПНП - стали(TRIP-стали)	42
Студентка гр.104215 Шумская А.С. Научный руководитель – Пучков Э.П.	
Ультралегкие сплавы	44
Студент гр. 104215 Парницкий Н.М. Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.	
Создание механически прочных цинковых покрытий на резьбовых соединениях труб	45
Магистрант – Шохин А.А. Научный руководитель – Пучков Э.П.	
Определение критериев латентной усталости повреждаемости диффузионных зон сталей после химико-термической обработки	46
Студент гр.430541 Болоболкин А.В. Научный руководитель – Фомичева Н.Б.	

Оценка пороговой трещиностойкости при усталостной повреждаемости	47
Студент гр.420671 Касимцев В.С. Научный руководитель – Нечаев Л.М.	
Определение возможности образования кластеров атомов углерода в ферритной матрице	48
Студент гр.440631 Маркова Е.В. Научный руководитель – Тихонова И.В.	
К вопросу о сфероидизации карбидов в стали	48
Студентка группы МТ-08м Лобкова Ю.В. Научные руководители – Алимов В.И., Георгиаду М.В.	
Влияния предварительной горячей деформации на формирование диффузионной зоны при насыщении углеродом и бором низкоуглеродистых сталей	49
Студент группы 4-МВПВ-8 Пясковская Т.В. Научный руководитель – Филоненко Н. Ю.	
Оценка влияния электрохимической коррозии при высокотемпературном воздействии газочапельной смеси на соединение труба-фланец	50
Студент 4 курса гр.2 Раик А.Г. Научные руководители – Новосельская Л. В., Гарост А. И.	
Исследование качества защитных покрытий медных кристаллизаторов МНЛЗ	51
Студент гр. ПМ-08с Жертовская Н.В. Научный руководитель – Алимов В.И.	
Влияние легирования на структуру и свойства сварных соединений из низкоуглеродистых сталей	53
Студент гр. ПМ – 08 Величко Е. В. Научный руководитель – Алимов В. И.	
Двухфазные феррито - мартенситные стали	54
Студентка гр.104215 Мельниченко А.Г. Научный руководитель – Пучков Э.П.	
Бериллий и его сплавы	55
Студент гр. 104215 Дубаневич Е.Р. Научный руководитель – Протасевич Г.Ф.	
Исследование структурообразования наплавленных покрытий, полученных из проката, предварительно подвергнутого ХТО	57
ст. гр.104514 Бостынец С.М., Лебедько С.В., Базылик Д.В. Научный руководитель – Стефанович А.В.	
Использование промышленных отходов в новых материалах	58
Студент гр.301413 Хартанович О. А.	
Контролируемые атмосферы в машиностроении. Экзогаз	59
Студент группы 104215 Пашкевич В.Ф. Научный руководитель – Щербаков Э.Д.	

МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Некоторые особенности процессов производства корпусных отливок из высокопрочных чугунов	64
Студент гр. 104316 Гуминский Ю.Ю. Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.	

Перспективы использования литого инструмента	65
Студент гр. 104315 Ероховец П.А. Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.	
Процесс окисления сталей при повышенных температурах	66
Студент гр.104324 Кухарчук М.Н. Научный руководитель – Крутилин А.Н.	
Графитизирующее модифицирование чугуна	67
Студент гр.104326 Сергеева В.Н. Научный руководитель – Крутилин А.Н.	
Особенности абразивного и ударно-абразивного износа сплавов.	69
Студент гр.304313 Карнаух В.В. Научный руководитель – Крутилин А.Н.	
Безграфитовая защитная краска для изготовления чугунных отливок в кокиль	70
Студент группы 104314 – Забавский В.О. Научный руководитель – Скворцов В.А. Консультант – аспирант Николайчик Ю.А.	
Противипригарная краска для изготовления отливок из железоуглеродистых сплавов	71
Студент группы 104314 – Ганак А.П. Научный руководитель – Скворцов В.А. Консультант – аспирант Николайчик Ю.А.	
Выбор оборудования для реконструкции плавильного и формовочного участков чугунолитейного цеха среднего литья РУП ГЛЗ «Центролит»	72
Студент гр. 104314 Мартынов В.В. Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.	
Анализ современных способов освежения отработанной формовочной смеси	74
Студент гр. Л-41 Лепихов А.Ю. Научный руководитель – Карпенко В.М.	
Выбор оборудования для реконструкции плавильного и формовочного участков чугунолитейного цеха мелкого литья РУП ГЛЗ «Центролит»	75
Студенты гр.104314 Пунько С.Е., Пархимович В.М. Научные руководители – Одинокко В.Ф., Сайков М.А.	
Применение цирковых антифрикционных сплавов взамен бронз	77
Студенты гр. 104314 Пажитных Е.В., Пастухович С.В., Кобец Е.В. Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.	
К вопросу о расплывании металлических расплавов	78
Студент гр. 104324 Мишкевич М.Г. Научный руководитель – Чичко А. Н.	
Получение качественных массивных отливок из высокопрочного чугуна	79
Студент гр. 104324 Домаш А.В. Научный руководитель – Матюшинец Т.В.	
Влияние Mn, Si, Al на структуру и свойства высокобористого материала.	80
Студент гр. 104324 Чирун Д. А. Научный руководитель – Невар Н.Ф.	

МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Влияние давления подпрессовки на процесс электрического спекания порошков	84
Студенты гр. 104415 Шапчиц Д.В., Бондаренко А.А. Научный руководитель – Белявин К.Е.	
Разработка технологии изготовления и исследование механических свойств лапы стрельчатой	84
Студенты гр.104415 Аношко Н.В., Батовский Е.Н. Научный руководитель – Давидович Л.М.	
Особенности технологии получения пластическим деформированием режущих граней ножей ротационных косилок	85
Студенты гр. 104425 Белявская В.Н., гр. 104415 Жоховец Е.И. Научный руководитель – Иваницкий Д.М.	
Горячая безоблойная штамповка поковок сложной формы в штампах с разъемными матрицами	87
Студенты гр. 104425 Замотин Г.Н., Кабальников С.С., Круговец И.В. Научный руководитель – Карпицкий В.С.	
Математическое моделирование продольной прокатки	88
Студенты гр.104415 Шегидевич А.А., Карбовский А.С., Батан А.В. Научный руководитель – Кудин М.В.	
Технико-экономический анализ различных способов нагрева	90
Студент гр. 104415 Шувькин А. Ф. Научный руководитель – Логачев М. В.	
Особенности вытяжки полых двухслойных изделий из плоских составных заготовок	91
Студенты гр.104425 Мухо А.Д., Подгорный Д.В. Научный руководитель – Любимов В.И.	
Анализ механизма пресса-автомата с самоподачей ленты	93
Студенты гр.104415 Левкович М. Н., гр.104425 Баранов Д. А. Научный руководитель – Овчинников П. С.	
Навивка пружин и гибка проволоки на автоматах	94
Студенты гр.104425 – Фолежинский С.И., Зенькевич А.В. Научный руководитель – Шиманович О.А.	
Расчет усилия деформирования при пластическом формоизменении отбортованного фланца в трубной заготовке	96
Студенты гр.104415 Николаенко А.С., Астапенко А.А. Научный руководитель – Исаевич Л.А.	
Условия измельчения сыпучих материалов под действием внешних сил	98
Студенты гр. 1044415 Липницкий А.С., Лисовский М.А. Научный руководитель – Ложечников Е.Б.	
Формирование тонких плоских заготовок из порошка	99
Студент гр. 104414 Бугаев А.В. Научный руководитель – Ложечников Е.Б.	
Потеря устойчивости конической заготовки при раздаче	100
Студент гр. 641541/40 Лейман А.А., аспирант Астахов В.Ю. Научный руководитель – Селедкин Е.М.	

Анализ напряженного состояния высоконагруженной зубчатой передачи 102
Студент гр. 641441/03 Алексеев Д.А.
Научный руководитель – Лопя И.В.

К вопросу о выборе режимов деформирования при сверхпластической формовке сферических мембран 103
Студент гр. 641541/40 Алексеев П.А.
Научный руководитель – Панченко Е.В.

Методика расчета конструкторско-технологических параметров станков для прокатки порошков 104
Студент гр. 104414 Леонович С.М.
Научный руководитель – Ложечников Е.Б.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Компьютерный металлографический анализ в металлургическом производстве 108
Студент гр. 104134 Морозов Д.С.
Научный руководитель – Кабишов С.М., Рафальский И.В.

Обоснование экономической целесообразности производства металлизированного сырья на базе железорудных месторождений Республики Беларусь 109
Студент гр. 104134 Кузина М.А.
Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Модернизация кузнечного цеха РУП МАЗ с целью снижения производственных затрат 110
Студент гр.104134 Шибут А.В.
Научный руководитель – Ратников П.Э.

Разработка мероприятий, направленных на совершенствование производства и повышения качества отливок, изготавливаемых на участке латунного литья сепараторного цеха ОАО «МПЗ» 111
Студент гр. 104134 Юрчак А. Н.
Научный руководитель – Корнеев С. В.

Разработка технологии выплавки кордовой стали в условиях ЭСПЦ-1 112
Студент гр.104134 Крышнёв В.А.
Научный руководитель – Ратников П.Э.

Коррозионная стойкость деформированной стальной арматуры 113
Студент гр. ТО-08с Педан Д.Н.
Научный руководитель – Алимов В.И.

ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОКРЫТИЯ И СВАРКА

Исследование предварительного и послесварочного подогрева на величину ударной вязкости при сварке высокопрочных легированных сталей 116
Студенты гр. 104817 Громов С.А., Левицкий А.Г.
Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Изготовление пористых порошковых материалов из ильменита 117
Студент гр. 104616 Сергеенко М.В.
Научные руководители – Кусин Р.А., Хренов О.В.

Получение керамических огнеупорных материалов на основе аломотермических реакций при использовании алюминиевого шлака	119
Студентка гр.104615 Букато Н.Ю., Аспирантка Згурская А.А. Научные руководители – Волочко А.Т., Саранцев В.В.	
Обезвоживание смазочных материалов	121
Магистрант Чугаев П.С. Научный руководитель – Капцевич В.М.	
Повышение теплопередающей способности тепловой трубы в условиях неблагоприятного влияния сил тяжести	123
Студент гр. 104615 Реутенок Ю.А. Научный руководитель – Мазюк В.В.	
О методике выбора технологии сварки высокопрочной стали 15X2H4MДA_без подогрева и термической обработки	124
Студент гр. 104817 Навойчик С.А. Научный руководитель – Голубцова Е.С.	
Установление статистических связей между величиной погонной энергии и характеристиками микроструктуры среднеуглеродистой высокопрочной стали 30НМДФ	127
Студенты гр.104817 Сковородко О.В., Иванова И.О. Научный руководитель – Голубцова Е.С.	
Обеспечение восстановления деталей хлебопекарного оборудования	128
Студент группы 1 рпт Головков В.В. Научные руководители – Сергеев Л.Е., Романова Т.К.	
Контактная сварка разнородных материалов	129
Студент гр. 104814 Белаш Е.В. Научные руководители – Демченко Е.Б., Керженцева Л.Ф.	
Совершенствование системы неразрушающего контроля при диагностике автоцистерн	130
Студент гр.304813 Варакса Д.В. Научный руководитель – Снарский А.С.	
Исследование корреляционной связи между характеристиками свойств керамики на основе нитрида алюминия	130
Студент гр.104616 Семянникова А.А. Научный руководитель – Голубцова Е.С., Нисс В.С.	
Магнитная и электростатическая очистка жидкостей и газов с использованием композиционных фильтрующих материалов	132
Студент гр. 3м АМФ Петрикевич М.Е. Научный руководитель – Капцевич В.М.	
Сохранение ламинарного режима защитного газового потока при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом	134
Студент гр. 104816 Галаев К.О. Научный руководитель – Веренич И.А.	
Исследование литевых составов catamold для инъекционного формования керамики	134
Студенты группы 104615 – Маскаленко Н.С., Шибeko O.O. Научный руководитель – Виолентий Д.Р.	

Получение порошка на основе алюминидов железа для нанесения защитных газотермических покрытий	136
Студент гр. 104614 Волчкович Д.В. Научные руководители – Лецко А.И., Талака Т.Л.	
Плазменно-вакуумное упрочнение твердосплавного металлорежущего инструмента	137
Студент гр. 2 факультета ХТиТ Хвалько А.Е. Научный руководитель – Вершина А.К.	
Пути повышения эффективности процесса отверждения эпоксидных смол	139
Студенты к.4 гр. 4 ф-та ТОВ Орличеня Н.Г., Журавлева М.В. Научный руководитель – Крутько Э.Т.	
Исследование реологических свойств лаков промышленного производства и разработанных составов, применяемых в мебельном производстве РБ	139
Студентка гр. 4/2 Григорьева И.М. Научные руководители – Крутько Э.Т., Коробко Е.В.	
Получение защитных покрытий на изделиях из порошковых материалов	141
Студент гр. 07-М-СА1 Якименко Д.С. Научный руководитель – Соколов Е.Г.	
Зависимость качества обрабатываемой поверхности от физико-механических свойств полимерной связки абразивного инструмента.	142
Студент гр. 104615 Марукович С.С. Научный руководитель – Григорьев С.В.	
Выбор марки электродов для ручной электродуговой сварки с помощью обобщенного параметра оптимизации	144
Студенты гр. 104817 – Забавнюк А.В., Острога С.П. Научный руководитель – Голубцова Е.С.	
Пластификация эпоксидной смолы ЭД-20 рапсовым маслом и свойства полученных композиций	145
Студентка гр.4/2, к. 5, факультет ТОВ – Климашевич В. Б. Научный руководитель – Крутько Э. Т.	
Плазменно-вакуумное упрочнение круглопильного дереворежущего инструмента	147
Студент гр. 2 факультета ХТиТ Шабан Е.Е. Научный руководитель – Вершина А.К.	
ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
Загазованность воздуха рабочих зон литейных цехов	150
Студенты гр. 104114 Сошенко А.А., Козлова О.В. Научный руководитель – Лазаренков А.М.	
Безопасность ноутбуков	151
Студент гр. 113515 Курицына О. Научный руководитель – Науменко А.М., Автушко Г.Л.	
Безопасность сотовых телефонов: точки угроз	152
Студент гр. 113525 Кундикова Е.А. Научный руководитель – Науменко А.М.	

Важнейшее средство корректировки состояния здоровья работающих во вредных условиях труда	153
Студент гр. 112136 Гаврилов В.М. Научный руководитель – Вершеня Е.Г.	
Проблемы влияния вибрации на организм человека	154
Студенты гр.115215 Крякин В.В., Кишко А.А. Научный руководитель – Автушко Г.Л.	
Применение СИЗ органа слуха	155
Студентка гр. 106225 Воронцова О. Научный руководитель – Вершеня Е.Г.	
Измерение шума	156
Студент гр. 113535 Турло С.В. Научный руководитель – Науменко А.М.	
Измерение и анализ вибрации	157
Студентка гр.113535 Ямная Д.А. Научный руководитель – Науменко А.М.	
Влияние шума на здоровье человека	158
Курсанты гр. 115115 Климчук Е.Е., Федоринов И. Научный руководитель – Автушко Г.Л.	
Нормирование освещения с учетом его биологических аспектов	160
Студент гр. 112127 Малашко А.М. Научный руководитель – Журавков Н.М.	
О влиянии сотовой связи на организм человека	161
Студент гр. 101724 Науменко А.А. Научный руководитель – Филянович Л.П.	
Опасные и вредные производственные факторы при изготовлении форм и стержней	162
Студентка гр.104327 Бэйнер М.В. Научный руководитель – Ушакова И.Н.	
Охрана труда женщин	163
Студентка гр.105426 Гайдо Ю.С. Научный руководитель – Мордик Е.В.	
Воздух рабочей зоны, лазерный принтер как источник твердых частиц и вредных веществ	163
Студент гр. 113515 Власюк О.А. Научный руководитель – Науменко А.М.	
Оценка показателей травматизма на производстве	164
Студент гр. 104215 Анушко Т.Ю. Научный руководитель – Киселева Т.Н.	
Преимущества порошкового пожаротушения на строительных объектах	165
Студент гр. 114616 Трипузо Ю.Ю. Научный руководитель – Кузьмич Т.П.	
Пути снижения травматизма на производстве	166
Студент гр. 104215 Анушко Т.Ю. Научный руководитель – Филянович Л.П.	

Воздействие статического электричества на организм человека	167
Студент гр.113515 Вереник Я.А. Научный руководитель – Науменко А.М.	
Исследование освещенности рабочих мест литейных цехов	168
Студенты гр. 104124 Крук Е.Г., Чересъев Д.Н. Научный руководитель – Лазаренков А.М.	
Психология безопасности труда. Риск-факторы	170
Студент гр. 105416 Пупко В.В., Якушкина А. В. Научный руководитель – Мордик Е. В.	
Технические возможности модулей порошкового пожаротушения	171
Студент гр. 114616 Трипузо Ю.Ю. Научный руководитель – Кузьмич Т.П.	
О тушении загораний порошковыми составами	172
Студент гр. 108415 Яганов Е.О. Научный руководитель – Филянович Л.П.	
Характеристика вредных веществ, выделяющихся при сварке плавлением	173
Студент гр. 104814 Дубинчик О.Ю. Научный руководитель – Данилко Б.М.	
Шум, его вредное воздействие на организм человека. Современные средства индивидуальной защиты от шума	174
Студенты гр. 112316 Новогорская А.Ю., Потапчик Т.Л. Научный руководитель – Кузьмич Т.П.	
Защита от ионизирующих излучений в домах – здоровье и безопасность граждан Республики Беларусь	175
Студент 3 курса БГТУ Жук Н.Н. Научный руководитель – Терешко В.В.	
Оценка последствий чрезвычайной ситуации в условиях города	177
Студентка гр. 4 ЛХФ Романенко М.О. Научные руководители – Перетрухин В.В., Астахова Т.А.	
Оптимизация питания населения, проживающего в условиях повышенного экологического риска	178
Студентка 4 курса факультета ТТЛП 4 группы Левчук Н.С. Научные руководители – Перетрухин В.В., Чернушевич Г. А.	
Оценка условий труда начальника смены электростанции	180
Студенты гр. 106515 Шишпар С.Г., гр.106525 Билиба Ю.Э., гр. 106625 Васильев Е.Д. Научный руководитель – Винерский С.Н.	
Оценка условий труда машиниста котлов на Оршанской ТЭЦ	181
Студенты гр. 106515 Камошина М.А., Муслина Д.Б., Новик Е.А., Юркевич Е.В. Научный руководитель – Винерский С.Н.	
Режим работы старшего машиниста турбинного отделения и загазованность воздушной среды в зонах обслуживания	182
Студенты гр. 106415 Спивак О.В., гр. 106425 Жавино К.В., Липский Е.А. Научный руководитель – Винерский С.Н.	

Оценка условий труда старшего машиниста турбинного отделения	183
Студенты гр. 106425 Бурый Ю.Э., Коленковский С.О., Транчак Н.В. Научный руководитель – Винерский С.Н.	
Условия труда машиниста котлов в котлотурбином цехе БелГРЭС	185
Студенты гр. 106525 Сандова Г.А., Флоризяк Е.В. Научный руководитель – Винерский С.Н.	
Роль таможенной службы в выявлении и пресечении административных таможенных правонарушений	186
Студент ФТУГ Демещик К.А., Научный руководитель – Бровка Г.М.	
ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Новые материалы для дорожной разметки	188
Студент гр. 104137 Лигатко Л.А. Научный руководитель – Яглов В.Н.	
Влияние температуры на эффективность экстракции соединений РЗЭ из азотнокислых растворов	188
Студент гр. 104117 Нестеренко В.А. Научный руководитель – Слепнева Л.М.	
Синтез и исследование стекол для рабочей части рН метрических электродов	189
Студентка 5 курса, гр. 8 Кищук Е.В. Научный руководитель – Бобкова Н.М.	
Влияние композиционного состава мешочной бумаги на ее свойства	190
Студент факультета ТОВ, 5 группы Куис Е.А. Научный руководитель – Жолнерович Н.В.	
Отработка методики и определение содержания хрома в образцах различных сталей	191
Студент гр. 104517 Капуста Д.О. Научный руководитель – Беляцкий В.Н.	
Ремонт дорожных одежд методом скоростного бетонирования	192
Студент гр. 104818 Подлипский С.Н. Научный руководитель – Бурак Г.А.	
Разработка составов комплексных водостойких быстротвердеющих вяжущих строительного назначения	193
Студент гр. 104138 Слизов Д.Ю. Научные руководители – Шагойко Ю.В., Дубинчик И.В.	
Исследование кристаллогидратов в неорганической технологии	194
Студентка 1 курса Василевская Т. А. Научный руководитель – Малашонок И.Е.	
Получение ремонтных смесей на основе полиуретановой смолы	196
Студент гр. 104138 Савченко А.И. Научный руководитель – Евсева Е.А.	
Получение и изучение свойств мембран из полиэфирсульфона	197
Студент группы 4/2 Емельянов М.Ю. Научные руководители – Бильдюкевич А.В., Крутько Э.Т.	

Теплоты растворения гексафторосиликатов в воде	198
Студент гр. 104318 Бобровник А.В. Научный руководитель – Зык Н.В.	
Фосфатные цементы на основе карбонитридов титана	199
Студент гр. 104117 Никончук О.А. Научный руководитель – Медведев Д.И.	
Усадочные явления при старении битумов	200
Студент гр. 104217 Буланов А.В. Научный руководитель – Меженцев А.А.	
Рециклинг меди из отработанных медьсодержащих катализаторов	201
Студенты гр. 104115, Иванченко В.А., Федоров А.Н. Научный руководитель – Проворова И.Б.	
Синтез высококорасширяющихся керамических материалов на основе системы MgO–SiO₂	202
Студенты гр. 9 Ефимова Т.Н., Денищик О.В. Научный руководитель – Дятлова Е.М.	
Электрохимическое выделение меди из металлосодержащих отходов инструментального производства	203
Студентка IV к. 8 гр. факультета ТОВ Фалей А.А. Научный руководитель – Курило И.И.	
Исследование составов вяжущих материалов холодного отверждения на основе мочевино-формальдегидной смолы	204
Студент гр. 104617 Заболотная Е.Б. Научные руководители – Шнып И.А., Лукьянова Р.С.	
Изучение впитывания промышленных гидрофобных жидкостей пористой керамикой	205
Студент гр. 104217 Бабицкая Д.В. Научный руководитель – Шункевич В.О.	
Разработка составов полуфритгованных цветных глазурей для декорирования плиток для полов с использованием минерального сырья Республики Беларусь	206
Студентка гр.9 Кастрицкая Н.А. Научный руководитель – Мазура Н.В.	
Получение поризованного керамического кирпича с использованием выгорающих добавок	207
Студентка гр.9 Кирей Т.С. Научный руководитель – Мазура Н.В.	
Получение тугоплавких керамических материалов на основе алюмосиликатного сырья Республики Беларусь	208
Студент гр. 9 Парфимович Н.Л. Научный руководитель – Дятлова Е.М.	
Получение объемно-окрашенного керамического кирпича путем сочетания глин различного минералогического состава	210
Студентка 9 гр. Свибович А.Н. Научный руководитель – Бирюк В.А.	
Исследование возможности электрохимической утилизации электролита химического никелирования	211
Студентка 11 группы факультета ХТиТ Пашкович М.А. Научный руководитель – Черник А.А.	

Композиции ПЭВД с антистатическими свойствами длительного действия	211
Студентка 1 гр. Кушнир Н.С. Научный руководитель – Мануленко А.Ф.	
Пенообразующие свойства препаратов Genapol и Техарон K12G	213
Студ. 4 к. 7 гр. ф-та ТОВ Бурдоленко О.Н., Лукашевич Е.А. Научные руководители – Бондаренко Ж.В., Эмелло Г.Г.	
Термоэлектрические свойства слоистого купрата $DyBa_2Cu_3O_{7-\delta}$	215
Студентка 8 гр. 1 курса ф-та ХТиТ Врублевская Е.В. Научный руководитель – Клындюк А.И.	
Получение и исследование свойств мятного масла	216
Студ. 5 к. 7 г. ф-та ТОВ Верховская И.А., Даниленко Е.В. Научный руководитель – Бондаренко Ж.В.	
Полуфриттованные матовые глазурные покрытия плиток для полов	217
Студентка гр.9 Гвоздевич О.Ю. Научный руководитель – Левицкий И.А.	
Твердые растворы $Ba_{1-x}Sr_xPb_{1.1}O_{3+\delta}$ как перспективные материалы для термоэлектродгенераторов	219
Студентка 10 гр. 5 курса ф-та ХТиТ Сазанович Н.В. Научный руководитель – Клындюк А.И.	
Использование прямого измерения метана при определении компонентного состава природного горючего газа по ГОСТ 31371 (ISO 6974) методом газовой хроматографии	220
Студент 4 курса 11 группы факультета ХТиТ Костюк Е.Н. Научный руководитель – Черепица С.В.	
Унификация работы с различным аналитическим оборудованием	222
Студент 4 курса 11 группы факультета ХТиТ Костюк Е.Н. Научный руководитель – Черепица С.В.	
Оптимизация составов боросиликатных стекол для получения мелкогабаритной медицинской стеклотары	223
Студент Карпович Е.В. Научный руководитель – Терещенко И.М.	
Боратные стекла для волоконно-оптических изделий	224
Студентка 8 гр. Русан Н. В. Научный руководитель – Папко Л. Ф.	
Пигменты на основе диоксида	225
Студент гр. 9 Радечкая С.С. Научный руководитель – Пищ И.В.	
Ангобные покрытия для огнеупорного припаса	226
Студентка 5 курса 9 гр. ХТиТ Мелешко А.А. Научный руководитель – Левицкий И.А.	
Электрохимическое поведение ванадий содержащих электролитов.	227
Студентка 11 гр. 5 к. ф-та ХТиТ Агеенко О. В. Научные руководители – Черник А. А., Жарский И. М.	

Внедрение и совершенствование процесса производства полиэтилентерефталата	228
Студент 2 курса 10 МДХП Ненева М.В. Научный руководитель – Долинская Р.М.	
Управление процессами полимеризации акрилонитрила с целью получения синтетического волокна	229
Студент 2 курса 10 МДХП Пилецкая А.С. Научный руководитель – Долинская Р.М.	
Влияние основных показателей карбамидоформальдегидных смол на качество ДСП	230
Студент 2 курса 10 МДХП Решетина А.В. Научный руководитель – Долинская Р.М.	
Анализ возможности производства волокна капрон периодическим методом	231
Студент гр. 10МДХП Ястремская Я.Г. Научный руководитель – Долинская Р.М.	
Эффективность производства полиэтилена высокого давления	233
Студент 2 курса 10МДХП Стельмаков А.Ю. Научный руководитель – Долинская Р.М.	
Синтез производных бифенила в качестве промежуточных для получения новых трифторметиларилкетонов	234
Студент 1 группы 2 курса факультета ТОВ Трус И.Н. Научный руководитель – Ковганко В.Н.	
Электрохимическое получение озона на допированных электродных материалах PbO₂/SnO₂ в растворах хлорной кислоты	235
Студентка 11 гр. 5 к. ф-та ХТиТ Пушило Я.И. Научные руководители – Черник А.А., Болвако А.К.	
Метод термического анализа в идентификации полимерных материалов для их вторичной переработки	236
Студент гр. 3 Белоусова Т. М. Научные руководители – Прокопчук Н. Р., Шостак Л.М.	
Механохимическая активация в процессе получения NPK удобрений на основе фосфоритов Каратау	238
Студентка гр. 6 Подвысоцкая Е.Э., Млечко Е.Г. Научный руководитель – Воробьев Н.И.	
Влияние детонационного алмазосодержащего наноматериала на свойства эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения	238
Студент Вишневский К.В. Научный руководитель – Шашок Ж.С.	
Получение комплексных серосодержащих удобрений на базе фосфоритов различных месторождений	240
Студентка гр. 6 Кузьмич В.Н. Научный руководитель – Воробьев Н.И.	
Переработка фосфоритов Сирии методом механохимической активации	241
Студент гр. 6 Сочина Е.В., Макалович С.Н. Научный руководитель – Соколов М.Т.	
Влияние минерализаторов на свойства пигментов гранатоподобной структуры	242
Студент гр. 9 Жиленко О. И. Научный руководитель – Пищ И.В.	

Критерии и показатели оценки эффективности представления научно-технической продукции на выставочных мероприятиях 243
Магистрант ПСФ – Томашева Т.И.
Научный руководитель – Алексеев Ю.Г.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 244

БНТУ

Механико-технологический факультет

Подготовка по специальностям
и специализациям инженеров в области:

- литейного производства черных и цветных металлов;
- материаловедения, оборудования и технологии термической обработки;
- организации металлургического производства;
- композиционных порошковых материалов, покрытий;
- машин и технологии литейного производства;
- оборудования и технологии сварочного производства

УП "Технопарк БНТУ "Метолит"
220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, 24, к. 34/6
Тел/факс (017)292-71-83