

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический
университет

Механико-технологический факультет



Сборник научных работ
III Международной научно–
практической интернет конференции
студентов и магистрантов

ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2020

Посвящается 100-летию БНТУ



18 –19 ноября 2020 года

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Механико-технологический факультет

ЛИТЬЁ И МЕТАЛЛУРГИЯ 2020

Сборник научных работ
III Международной научно–практической интернет конференции
студентов и магистрантов

18–19 ноября 2020 года

Минск
БНТУ
2021

ОРГКОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Николайчик Ю.А., проректор по учебной работе, к.т.н., доцент БНТУ, РБ

СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Иванов И.А., декан механико-технологического факультета, д.т.н., профессор БНТУ, РБ

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

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

Adel Nofal, professor of Metal Casting, Department of Central Metallurgical Research and Development Institute (CMRDI), President of Egyptian Foundryman Society;

Константинов В.М., д.т.н., профессор, РБ;

Лазаренков А.М., д.т.н., профессор, РБ;

Немененок Б.М., д.т.н., профессор, РБ;

Бердиев Д.М., д.т.н., профессор, зав.каф. ОМД, ТашГТУ, Ташкент, Республика Узбекистан;

Тураходжаев Н.Д., д.т.н., профессор, зав.каф. ЛТ, ТашГТУ, Ташкент, Республика Узбекистан;

Чаус А.С., д.т.н., профессор, Словацкий технологический университет в Братиславе, Словакия;

Ровин С.Л., д.т.н., доцент, РБ;

Томило В.А., д.т.н., профессор, РБ;

Трусова И.А., д.т.н., профессор, РБ;

Бежок А.П., к.т.н., доцент, РБ.

РАБОЧАЯ ГРУППА:

Гольцова М.В., д.т.н., доцент;

Одиночко В.Ф., к.т.н., доцент;

Слуцкий А.Г., к.т.н., доцент.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Бежок А.П., к.т.н., доцент;

СЕКРЕТАРИАТ: **Симончик А.П.**, **Алексейчик Е.А.**

СОСТАВИТЕЛЬ: **Бежок А.П.**

В настоящий сборник включены материалы докладов III Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов «Литьё и металлургия 2020», участники которой выступали по следующим направлениям: «Производство чёрных и цветных металлов и сплавов на их основе», «Современные проблемы материаловедения и новые материалы», «Машины и технология литейного производства», «Обработка металлов давлением. Теория, технология, оснастка и оборудование», «Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка», «Охрана труда и промышленная безопасность, и экология».

**Обработка металлов
давлением. Теория,
технология, оснастка
и оборудование**

Влияние рассогласования скоростей двух соседних клетей на размеры катанки и величину продольного напряжения в полосе между клетями

Студент Добрынь А.В.
Научный руководитель - Штода М.Н.
Днепропетровский государственный
технический университет
Украина, г. Каменское

При прокатке сортовых профилей в непрерывных группах клетей с натяжением наблюдается уменьшение горизонтального размера раската. Это хорошо видно при измерении размеров готового профиля в центральной части мотка [1]. Натяжение или подпор полосы между клетями стана зависят от настройки скоростного и деформационного режима прокатки. Фактически, каждый раз стан настраивают по-разному, так как меняются размеры валков и калибров, меняются размеры и настройка привалковой арматуры, валки также устанавливают неодинаково, отличаться могут и другие условия процесса прокатки – скорость, трение, температура и так далее. Все это сказывается на деформационный и скоростной режим прокатки.

В случае, если прокатка производится в клетях с индивидуальным приводом, существует возможность корректировки режима натяжений за счет изменения частоты вращения валков по клетям. А, в случае, если прокатка производится с интегральным приводом (чистовые проволочные блоки), то режим натяжений зависит только от точности настройки зазоров по клетям.

Во всех случаях, и при прокатке в клетях с индивидуальным, и при прокатке в клетях с общим приводом величина продольных напряжений в полосе между клетями зависит прежде всего от величины рассогласования частоты вращения валков соседних клетей стана. Однако до сих пор отсутствует достоверная информация о взаимосвязи между величиной рассогласования скоростного режима смежных клетей на величину напряжения в полосе между клетями. А это затрудняет расчеты как величины деформации металла при прокатке с натяжением и подпором, так и скоростного режима прокатки.

Целью данного исследования является изучение влияния рассогласования скоростей прокатки в предчистовой и чистовой клетях непрерывного стана на величину натяжения и горизонтальный размер готового круглого профиля.

Для исследования влияния рассогласования скоростей чистовой и предчистовой клетей проволочного стана на размеры готового профиля была разработана математическая модель непрерывной сортовой прокатки в среде QForm. Модель предполагает использование овального и круглого калибров в предчистовой и чистовой клетях стана, соответственно, и разработана для четверти прокатываемого профиля. Валки клетей стана расположены относительно друг друга под углом 90° . Исходная заготовка – круглый профиль диаметром 7 мм. Частота вращения валков предчистовой клетки 1000 об./мин. Трение в очаге деформации описывали по закону Кулона с показателем трения $f=0,4$. Выбор закона и коэффициента трения обоснован предварительными исследованиями. Частота вращения валков чистовой клетки варьировалась для создания разной величины натяжения полосы между клетями. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Результаты расчетов показывают (см. табл. 1), что между величиной кинематической вытяжки, размерами катанки и величиной продольных напряжений в металле полосы между предчистовой и чистовой клетями существует тесная связь. Так с увеличением кинематического натяжения уменьшается ширина катанки, а продольное напряжение (натяжение) возрастает (рис. 1).

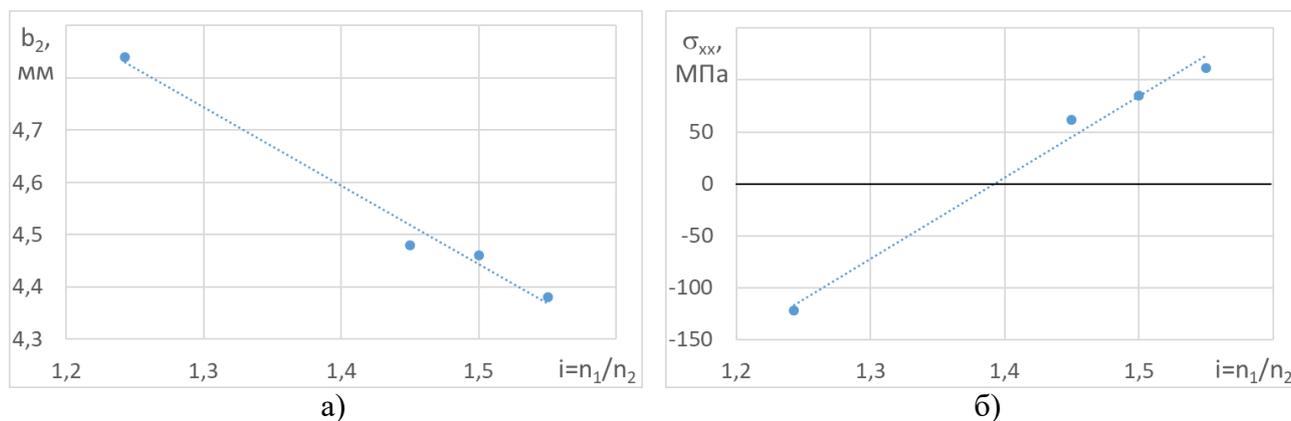
Обращает на себя внимание результаты расчета продольного напряжения в металле полосы между клетями в первом опыте, которое получилось отрицательным, то есть сжимающее. Это говорит о возникновении подпора перед чистовой клетью. Продольная устойчивость

полосы между клетями в работе не исследовалась. А процесс моделирования этого случая прокатки был возможен из-за того, что расчеты вели для четверти профиля, что исключает отклонение профиля от продольной оси.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния кинематической вытяжки на размеры катанки

№ оп.	n_1	n_2	h_0	b_0	h_1^*	b_1^*	h_2	b_2	σ_{xx}
	об./мин.	об./мин.	мм	мм	мм	мм	мм	мм	МПа
1	1000	1243	6,92	6,94	4,08/4,12	9,58/9,16	5,5	4,84	-122
2	1000	1450	6,91	6,92	4,19/4,11	9,22/9,16	5,49	4,48	62
3	1000	1500	6,98	6,98	4,02/4,12	9,26/9,32	5,52	4,46	85
4	1000	1550	7,00	7,00	4,02/4,12	9,22/9,34	5,52	4,38	112

*числитель – размеры профиля на выходе из предчистовой клетки; знаменатель – размеры профиля на входе в чистовую клеть



а – зависимость ширины катанки от кинематической вытяжки; б – зависимость напряжения натяжения полосы от кинематической вытяжки

Рисунок 1 – Влияние величины рассогласования скоростей вращения валков на исследуемые параметры

Интересно отметить, что во всех исследуемых случаях размеры катанки не удовлетворяют требованиям стандарта ни по овальности, ни по точности ширины. Овальность катанки больше, а ширина меньше величин допуска. Для получения катанки требуемой точности необходима корректировка режима обжатий.

Существует несколько вариантов перенастройки стана, применяемых на практике в подобных ситуациях. Первое – увеличение размеров подката; второе – увеличение зазора в предчистовой клетке; третье – уменьшение зазора в чистовой клетке. Исследуем эффективность этих вариантов изменения настройки режима работы стана при минимальном рассогласовании скорости вращения валков: $n_1=1000$ об./мин. и $n_2=1243$ об./мин.

Изменение размеров подката, как показывают результаты расчетов, мало влияют на конечную ширину катанки. Изменение размеров и формы подката с круглого профиля диаметром 6,8 мм до эллипса с габаритными размерами 6,5x7,0 мм приводит к изменению ширины катанки до 4,69 мм. А изменение подката до круглого профиля диаметром 7,6 мм увеличивает ширину до 4,96 мм. Таким образом, изменение настройки третьей с конца клетки с целью увеличения размеров подката для предчистового прохода мало влияет на ширину катанки.

Исследование влияния изменения настройки предчистовой и чистовой клетей на ширину катанки показал высокую эффективность этого способа. Так, расчеты показали, что если в качестве подката для овального калибра использовать круглый профиль диаметром 6,9 мм и при этом уменьшить зазор в чистовом проходе на 0,1 мм, а в предчистовом проходе увеличить на 0,4 мм, то размеры катанки изменятся до 5,4x5,04 мм. Дальнейшее увеличение зазора в предчистовом овале на 0,4 мм позволяет получить катанку в пределах поля допусков: 5,44x5,4 мм – в горячем состоянии или 5,36x5,32 мм – в холодном. Изменение настройки последних

двух клеток привело к изменению продольного напряжения в полосе между клетями с отрицательного на положительное (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты расчетов после корректировки

№ оп.	n ₁	n ₂	h ₀	b ₀	h ₁ *	b ₁ *	h ₂	b ₂	σ _{xx}
	об./мин.	об./мин.	мм	мм	мм	мм	мм	мм	МПа
1	1000	1243	7,20	6,70	4,11/4,16	9,90/9,08	5,53	4,69	-100
2	1000	1243	7,74	7,74	4,36/4,08	14,56/12,32	5,51	4,96	-135
3	1000	1243	6,88	6,88	4,44/4,50	8,74/8,54	5,40	5,04	31
4	1000	1243	6,92	6,92	4,88/4,92	8,17/8,08	5,44	5,40	60

*числитель – размеры профиля на выходе из предчистовой клетки; знаменатель – размеры профиля на входе в чистовую клеть

Выводы

1. Для получения катанки заданных размеров наиболее эффективно изменять настройку предчистовой и чистовой клеток.

2. Изменение величины зазоров валков существенно влияет не только на размеры полосы после прокатки, но и на напряженное состояние ее металла в пространстве между клетями. Незначительное, с точки зрения формоизменения, изменение величины зазоров валков смежных клеток может вызвать изменение знака продольных напряжений в полосе между клетями с отрицательного (сжимающее напряжение, подпор) до положительного (растягивающее напряжение, натяжение).

3. Необходимо выполнить исследование устойчивости полосы при наличии подпора между клетями.

Литература

1. Дудник Ю.В., Чернявин С.О., Тартульев А.В. Влияние натяжения раската в межклетевых промежутках проволочного стана на геометрические размеры катанки. *Сталь*, 1988, № 12, С. 40-42.

Студенты Карпей Ф.С., Кузьмич И.А.
Научный руководитель - Минько Д.В.
Белорусский Национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

При производстве заготовок методом штамповки применяются два основных метода: нагрев в газовых печах и индукционный нагрев.

Метод нагрева в газовых печах обладает большой степенью универсальности и пока незаменим в единичном и мелкосерийном производстве, а также при нагреве крупногабаритных заготовок и заготовок сложной геометрической формы. Применение метода нагрева в газовых печах в условиях серийного, крупносерийного и массового производства малоэффективно в силу следующих недостатков:

- низкий КПД газовых печей на уровне 10...15%; [1, с. 280]
- периодичность в работе при нагреве заготовок партиями;
- повышенное образование окалины и обезуглероживание поверхности заготовок из-за длительного пребывания их в печи;
- длительный процесс разогрева печи перед работой.

Индукционный нагрев более эффективен в условиях массового производства. Преимущества этого метода составляют:

- достаточно высокий КПД, примерно 60...70%; [1, с. 280]
- минимальные затраты времени на подготовку к работе;
- высокая производительность;
- возможность достижения высокой степени автоматизации;
- малый угар металла, который в 2-4 раза меньше чем в пламенных печах и печах сопротивления (если в них не применяется защитная среда), благодаря высокой скорости нагрева и наличию застойной газовой среды в малом воздушном промежутке между футеровкой и нагреваемым объектом;
- увеличение сроков службы штампов на 20-30% вследствие уменьшения слоя окалины и повышения пластичности материала из-за быстрого нагрева, что составляет одну из существенных статей экономии;
- коренное улучшение условий труда благодаря резкому уменьшению выделения тепла, газов и твердых частиц по сравнению с пламенными печами. Это приводит к уменьшению текучести персонала, характерной для цехов, оборудованных нефтяными и газовыми печами, а также к уменьшению обслуживающего персонала.

Индукционному нагреву подвергаются стали различных типов, от малоуглеродистых до легированных, а также сплавы титана, алюминия, меди и других металлов. Целью нагрева является обычно получение заданной температуры с определенной допустимой неравномерностью по объему изделия. Для сталей средняя температура находится в диапазоне 1000...1250 С°. [6, с. 304]

В отдельных случаях используется градиентный нагрев с заданным законом изменения температуры по длине изделия. Иногда, особенно при нагреве заготовок из легированных сталей, вводится ограничение на перепад температур из-за опасности возникновения внутренних трещин от термических напряжений.

Эти преимущества индукционного нагрева делают его более предпочтительным, чем печной нагрев при серийном, крупносерийном и массовом производстве. В сравнении с печным нагревом он позволяет улучшить качество поковок и повысить производительность. В связи с этим, на предприятиях, производящих заготовки методом горячей штамповки сериями, протекает процесс замены печей на индукционные нагреватели.

Индукционные кузнечные нагреватели (ИКН) предназначены для нагрева металлических заготовок перед горячей штамповкой, гибкой, ковкой и высадкой.

Преимущества индукционных кузнечных нагревателей:

- значительно снижаются энергозатраты, что особенно важно в условиях постоянного роста тарифов на электроэнергию;
- снижает время нагрева заготовок, что резко повышает производительность производства;
- за счет автоматизации подачи заготовок, улучшается точность их нагрева до заданной температуры;
- уменьшается количество окалины, что в свою очередь значительно повышает стойкость штамповой оснастки;
- улучшаются условия труда, это поймет каждый, кто хоть раз стоял у жерла открытой печи с большим количеством заготовок;
- освобождаются дополнительные площади в цеху, за счет меньших габаритов индукционного оборудования. [6, с. 304]

ИКН с успехом используются для нагрева различных магнитных и немагнитных металлов. Как цветных: сплавов на основе меди и алюминия. Так и черных металлов: стали, в том числе нержавеющей и легированной, а также чугуна.

Различают высокотемпературный нагрев для горячей штамповки и высадки стали 1200°С и низкотемпературный 850°С. Технология штамповки может предусматривать и промежуточную температуру между этими значениями. Медь для горячей штамповки нагревают обычно до 700° С, а алюминий до 500° С. [3, с. 80]

При заказе ИКН следует иметь в виду, что его нельзя будет использовать для универсального нагрева большой номенклатуры деталей с различными диаметрами. Дело в том, что индукционные кузнечные нагреватели, предназначенные для нагрева заготовок весом в несколько килограмм, будут неэффективно нагревать заготовки весом в несколько сотен грамм. Даже при условии смены футерованных индукционных катушек. А в одной и той же индукционной катушке нежелательно нагревать заготовки с разницей в диаметре более чем в 1,5 раза.

Виды ИКН. Индукционные кузнечные нагреватели с ручной и автоматической подачей. В зависимости от того как подается заготовка для индукционного нагрева, различают ручные и автоматические ИКН. Ручная подача является самым дешевым вариантом организации индукционного кузнечного нагрева, но вместе с тем и довольно опасным. Из-за поражения рабочих рассеянным индукционным полем.

Автоматическая подача значительно более предпочтительна, она менее вредна для здоровья и обеспечивает более равномерных нагрев заготовок. Подача заготовок осуществляется последовательно, с помощью автоматического толкателя, на пневматической, механической или гидравлической тяге. Именно автоматическая подача позволяет реализовать все преимущества индукционного кузнечного нагрева.

Последовательные индукционные кузнечные нагреватели. С помощью автоматического толкателя последняя заготовка передвигает предыдущую, до тех пор, пока первая не выйдет из индукционной катушки. Движение заготовок происходит по направляющим, расположенным на дне футерованной индукционной катушки. направляющие могут быть выполнены без охлаждения из нихрома и нержавеющей стали. На мощных ИКН направляющие делают на основе водоохлаждаемой трубки из нержавеющей стали. Нержавеющая сталь применяется по причине ее слабого нагрева из-за отсутствия ферромагнитных свойств. Любые водоохлаждаемые направляющие "съедают" не менее 5% мощности нагревателя. На выходе индуктора легкие заготовки самостоятельно падают в короб, а тяжелые заготовки вытягиваются с помощью цепных транспортеров для исключения

Параллельные индукционные кузнечные нагреватели. Данные ИКН применяются при нагреве массивных, длинных, круглых заготовок. Индукционная катушка имеет ширину более длины заготовки. Заготовки с помощью гидравлического толкателя закатываются для

нагрева боком. Равномерность нагрева достигается за счет перекачивания заготовки в индукторе с боку на бок. Учитывая большой вес заготовок все

Торцевые индукционные кузнечные нагреватели. Применяются тогда, когда нужно произвести объемную деформацию части заготовки. В зависимости от зоны нагрева данные ИКН могут выполнять индукционный нагрев как на краю, так и в середине заготовки. Если нагрев делается только по краю, индукционные катушки футеруются как тупиковые, они лучше держат тепло. Если нагревать нужно середину, индукционную катушку делают сквозной конструкции.

Линейные индукционные кузнечные нагреватели. Этот тип индукционных нагревателей применяют для нагрева либо очень длинных, либо вовсе сплошных заготовок. Если диаметр заготовки не велик обходятся одной индукционной катушкой. В линиях по производству предварительно напряженной арматуры нагревателей ставят до десятка. Если требуется большая производительность при большой массе, применяют много последовательных индукционных катушек шириной около метра. В этом случае между индукционными катушками ставят водоохлаждаемые ролики, т.к. длинные, массивные заготовки "снесут" любые неподвижные направляющие.

Карусельные и конвейерные индукционные кузнечные нагреватели. Это сравнительно новый вид индукционных нагревателей. В этом случае заготовки крепятся за верхнюю или нижнюю не нагреваемую часть в круглой карусельной системе подачи или на гусенице. Для индукционного нагрева заготовки подаются в открытую, двухстороннюю, футерованную индукционную катушку. Подача и выемка заготовок, как правило, производится вручную. При этом заготовки нагреваются только с одного края, например, для горячей штамповки головок болтов. Но могут нагреваться и по середине, в зависимости от конструкции индукционной катушки.

Заключение. Индукционные кузнечные нагреватели предназначены для нагрева перед горячей штамповкой заготовок из стали, чугуна, меди, бронзы, латуни и алюминия. По сравнению с электрическим печным нагревом, индукционный нагрев имеет ряд неоспоримых преимуществ: значительно снижаются энергозатраты, что особенно важно в наше непростое для производства время; во много раз снижает время нагрева заготовок, что уменьшает окисление и резко повышает производительность производства; за счет автоматизации подачи заготовок, улучшается точность их нагрева до заданной температуры; уменьшается количество окалина, что в свою очередь значительно повышает стойкость штамповой оснастки; освобождаются дополнительные площади в цеху, за счет меньших габаритов индукционного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Немков В.С., Демидович В.Б. Теория и расчет устройств индукционного нагрева. – Л.: Н50 Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1988. – 280 с.
2. <http://www.beltechnologia.by/post-42/>
3. Глуханов Н.П. Физические основы высокочастотного нагрева. – машиностроение, 1965. – 80с.
4. Безручко И.И. Индукционный нагрев для объемной штамповки, 1987 – 126 с.
5. Слухоцкий А. Е. и Рыскин С. Е. Индукторы для индукционного нагрева. Л., «Энергия», 1974. 264 с.
6. Брокмайер К. Индукционные плавильные печи, «энергия», 1972. 304с.

Энергоэффективных способов прокатки латуниного листа

Магистрант Рамазонов Х.Ф.

Научный руководитель - Бердиев Д.М.

Ташкентский государственный технический университет.

г. Ташкент

Прокат является основным видом металлургической продукции. Примерно 90% всей выплавляемой материалы первоначально обрабатывается в прокатных цехах. Последние годы сложившиеся темпы роста производства проката черных металлов в Узбекистане не удовлетворяют растущие объемы потребности отраслей экономики в металлопродукции, не отвечает современным требованиям уровень эффективности системы сбора лома и отходов черных металлов и его стимулирования [1]. Имеются вся основания утверждать, что от уровня развития прокатного производства зависит ускорение научно-технического прогресса в нашей республике.

Прокатке подвергается большое количество металла, чем любым другим методам обработки металлов давлением, об этом методе деформации довольно мало научно-технической информации. Многие научные труды по этой тематике уже не отражают современное состояние технологии прокатного производства. А это ограничивает глубину изучения данной проблемы, что сдерживает дальнейший технический прогресс в прокатном производстве.

В настоящее время можно считать, что разливка металлов в изложницы при массовом их производстве является неперспективной и должна быть заменена непрерывным литьем. Преимущество непрерывного литья состоит не только в сокращении цикла металлургического производства, но и в повышении качества заготовок из-за высокой однородности металла после литья. Это позволяет снизить технологические отходы при последующей обработке давлением и разброс технологических параметров [2].

Медь и сплавы на ее основе обладают особыми свойствами, к которым относятся: пластичность, высокая электропроводность (уступающая только электропроводности серебра), высокая теплопроводность, хорошее сопротивление коррозии в различных средах (у чистой меди и некоторых бронз, сплавов меди с никелем), хорошая обрабатываемость резанием (медных сплавов со свинцом), высокие упругие свойства, способность к глубокой вытяжке [3]. Латунями называют сплавы меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. Латуни подразделяют по составу на двойные (простые) и специальные (многокомпонентные), содержащие добавки Fe, Mn, Ni, Si, Sn, Pb. По способу использования латуни делятся на деформируемые и литейные [4].

Как известно [4], в настоящее время листовая латунь изготавливается по двум технологиям – холодной и горячей прокаткой. Холодная прокатка по сравнению с горячей имеет два больших преимущества: во-первых она позволяет производить листы и полосы толщиной менее 0,8-1 мм, вплоть до нескольких микрон, что горячей прокаткой недостижимо; во вторых, она обеспечивает получение продукции более высокого качества по всем показателям – точности размеров, отделке поверхности, физико-механическим свойствам. Эти преимущества холодной прокатки, обусловили ее широкое использование в различных отраслях современного народного хозяйства [5].

Одним из направлений совершенствования процессов производства проката в настоящее время является создание литейно-прокатных агрегатов. В состав такого агрегата входят: машина непрерывного литья заготовок (блужащая, слябовая или сортовая) устройства для передачи непрерывнолитой заготовки, печь для подогрева и непосредственно прокатный стан (соответствующего типа) со всем технологическим оборудованием.

Существует большое количество конструкций листовых литейно-прокатных агрегатов (ЛПА), которые получили существенно большее распространение чем сортовые ЛПА. Они отличаются как по составу оборудования, так и по толщине сляба. Различают тонкослябовые (толщина отливаемого сляба 50...80 мм), среднеслябовые (100...150 мм) и толстослябовые

(180...250 мм) ЛПА. В основном, в последнее время развитие получили тонкослябовые ЛПА. Фирма Schloemann Siemag, разработала технологию CSP (Compact Strip Production - компактное производство полосы), которая уже успешно внедрена на около тридцати ЛПА по всему миру [6].

Целью работы является определение энерго- эффективных способов обработки латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки.

Для достижения этой цели рассмотрены различные способы получения латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки, выполнен анализ влияния ускоренного охлаждения на механические свойства металла, сформулированы основные задачи дальнейших исследований, направленных на снижение энергоресурсов.

Для получения предварительных данных использовали образцы сплава Л70. Химический состав исследуемой сплава приведен в таблице.

Таблица - Химический состав сплава Л70 ГОСТ 15527 – 2004

Марки сплава	Содержание элемента, % масс.							Примесей
	<i>Fe</i>	<i>P</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Sb</i>	<i>Bi</i>	
Л70	до 0.07	до 0.005	69 - 71	до 0.05	28 - 30	до 0.002	до 0.002	всего 0.2

При применении латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки удаётся практически полностью использовать первичную теплоту непрерывно литой заготовки для ее деформации, что существенно экономит энергоресурсы на нагрев. Также исключается промежуточное складирование заготовок, что значительно повышает производительность стана (до 25%) и эффективность использования оборудования.

Еще одним преимуществом литейно-прокатных агрегатов является компактное расположение оборудования, что требует меньших производственных площадей и капитальных затрат на строительство (до 1,5 раза).

Следует также отметить, что обжиг литого металла в таком совмещенном процессе способствует улучшению качества поверхности и структуры литых заготовок. При совмещении процессов разлива и прокатки снижается себестоимость проката благодаря повышению выхода годного (на 2 %) и сокращению расходов по переделу.

На литейно-прокатных агрегатах можно получить заготовки различных профилей, в том числе малых сечений без снижения производительности завода, так как латунь разливают в кристаллизатор одного наиболее выгодного размера, под который разработаны все схемы калибровок прокатного стана.

Однако в вопросе совмещения непрерывно литой заготовки и прокатного стана существует ряд проблем, таких как согласование скоростей непрерывной разлива и входа металла в первую клетку прокатного стана, которые различаются в несколько раз, а также вопросы обеспечения высокого качества непрерывно литой заготовки в связи с отсутствием возможности его регулирования на стыке этих двух агрегатов.

Преимущества получения латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки процесса холоднокатаных листов по сравнению других методом заключаются в следующем:

- значительно повышается эффективность металлургического процесса получения плоского проката;
- исключается отливка и горячая проката слитков;
- отпадают капитальные затраты на установку нагревательных печей и станов горячей и холодной прокатки слитков, а также затраты энергии на нагрев и прокатку слитков;
- сокращается количество транспортных и других операций;
- уменьшаются потери на угар;
- сокращается цикл производства и численность обслуживающего персонала;

- увеличивается выход годной продукции;
- лучше используются производственные площади. Способ полностью автоматизировать технологические линии.

В настоящее время на АО «Узметкомбинат» и кафедрой «Обработка металлов давлением» Механического факультета Ташкентского ГТУ им. Ислама Каримова продолжаются научно-исследовательские работы в этом направлении.

Таким образом, получения латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки процесса холоднокатаных листов около 20 % повышается эффективность металлургического процесса получения плоского проката, экономить капитальные затраты на установку, уменьшаются потери на угар, увеличивается выход годной продукции до 2-3 %. Можно полностью автоматизировать технологические линии прокатки получения латунного листа.

Литература

1. Д.М. Бердиев, Х.К. Каршиев, Ф.Х. Рамазонов. Получения латунного листа методом совмещенные процессы литья-прокатки // Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе. Международный научно и научно-технической конференции. 25-26 апреля 2020. - Ташкент. С. 91-92.

2. Е.А. Коршунов, Е.Х. Шахпазов, В.К. Смирнов, Н.А. Бабайлов и др. Минимизация потребностей мощности при производстве стального проката на литейно-деформационных модулях // Сталь. 1986. № 6. С. 29-33.

3. Berdiev D.M. and Yusupov A.A. Improving wear resistance of steel products to unconventional heat treatment methods // International journal of scientific & technology research. Vol. 9, Issue 02, February 2020. P 2504-25094.

4. Мысик Р.К. Литейные сплавы на основе тяжелых цветных металлов: учебное пособие. / Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та. 2016. – 140 с.

5. В.М. Салганик, И.Г. Гун, А.С. Карандаев, А.А. Радионов. Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос: Учеб. пособие / - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 506 с.

Студент Аббаров Ш.Ш.

Научный руководитель - ст.пр. Махмудова Н.А.

ТашГТУ имени И.Каримова

В статье показано, что коэффициенты вытяжки на последующих операциях в случае применения промежуточных отжигов могут быть взяты при приближенном расчете одинаковыми.

Мақолада тули операцияларда чўзиш коэффициенти агар хар операциядан сўнг юмшатиш жараёни қўлланилса, бир хил олиш мумкинлиги кўрсатиб ўтилган.

In article it is shown, that extract factors on the subsequent operations in case of application intermediate anneals can be taken at the approached calculation by identical.

При определении числа операций числа операций вытяжки нужно стремиться, в основном, к тому, чтобы на всех операциях, начиная с первой, принималось такое уменьшение поперечного размера изделия, чтобы напряжение в материале (при полном использовании его пластических свойств) не превосходило его предела прочности. Это означает, что на каждой операции вытяжки следует принимать максимально возможную степень деформации, которую при вытяжке обычно определяют по формулам:

для первой операции

$$\varepsilon_1 = \frac{F - F_1}{F} = \frac{\pi D s - \pi d_1 s}{\pi D s} = \frac{D - d_1}{D} = 1 - m_1 = \frac{K_{1B} - 1}{K_{1B}}; \quad (1)$$

для последующей n-й операции

$$\varepsilon_n = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}} = \frac{\pi d_{n-1} s - \pi d_n s}{\pi d_{n-1} s} = \frac{d_{n-1} - d_n}{d_{n-1}} = 1 - m_n = \frac{K_{nB} - 1}{K_{nB}}, \quad (2)$$

где ε_1 и ε_n - степень деформации при вытяжке на первой и на n-й операциях;

F_1, \dots, F_{n-1}, F_n - площади поперечного сечения вытягиваемого изделия на соответствующих операциях, мм²;

d_1, \dots, d_{n-1}, d_n - диаметры изделия (полуфабриката) на соответствующих операциях, мм;

m_1 и m_n - коэффициент вытяжки, на первой и n-й операциях;

K_{1B} и K_n - степень вытяжки – величина, обратная коэффициенту вытяжки, т.е. $K_B = 1/m$; $K_B > 1$.

Условимся в дальнейшем коэффициентом вытяжки m_1 для первой операции называть отношение диаметра полого цилиндра d_1 , полученного вытяжкой, к диаметру плоской заготовки D ,

$$m_1 = d_1 / D \quad (3)$$

Для последующих операций коэффициент вытяжки определится как отношение последующего диаметра полого цилиндра к предыдущему, т.е.

$$m_2 = d_2 / d_1, m_3 = d_3 / d_2, \dots, m_n = d_n / d_{n-1} \quad (4)$$

Так как каждой степени деформации соответствует определенная величина возникающих при вытяжке напряжений, то коэффициент вытяжки m (или степень вытяжки K_B) следует подбирать такими, чтобы напряжения, полученные при таком коэффициенте, не превосходили временного сопротивления разрыву материала. Выбор величины m (или K_B) является поэтому ответственным моментом при разработке технологического процесса вытяжки.

Как показала практика. Коэффициенты вытяжки на последующих операциях в случае применения промежуточных отжигов могут быть взяты при приближенном расчете одинаковыми, т.е.

$$m_2 = m_3 = \dots = m_{n-1} = m_n = m' = d_n / d_{n-1} \quad (5)$$

При более точном анализе следует этот коэффициент увеличивать от одной вытяжной операции к другой. Величины задаваемых коэффициентов определяют число и последовательность операции вытяжки. Чем меньше коэффициенты вытяжки m_1 или m' , тем лучше будут использованы пластические свойства материала и тем меньше потребуется вытяжных операций. Величины наименьшего возможного при данных условиях коэффициента вытяжки m_1 и m' зависят от следующих факторов:

1. способа вытяжки (с прижимом или без прижима);
2. качества материала, размера зерна, состояния поверхности и т.д.
3. толщины материала s и отношения толщины к диаметру плоской или полый заготовки [относительной толщины $(s/D) \cdot 100$ или $(s/d_{n-1}) 100$]
4. диаметра и формы изделия
5. радиусов закругления кромок матрицы и пуансона r_m и r_n
6. зазора между матрицей и пуансоном z_6
7. скорости вытяжки в начале и в конце процесса
8. материала вытяжного штампа (сталь или чугун), состояния поверхности его рабочих частей, рода и степени смазки
9. числа и порядкового номера операций вытяжки n .

Для установления влияния способа вытяжки (с прижимом или без него) коэффициент вытяжки были проведены опыты, которые показали, что степень вытяжки $K_{1B} = 1/m_1 = D/d_1$ может быть принята больше при вытяжке с прижимом, чем без него. Основным критерием для выбора способа вытяжки является относительная толщина:

для первой операции

$$\Delta = (s/D)100\% \quad (6)$$

для последующих операций

$$\Delta' = (s'/d_{n-1})100\% \quad (7)$$

Для первой операции при $\Delta < 1,5$ следует применять вытяжку с прижимом, при $\Delta > 2,0$ - без прижима.

При $\Delta = 1,5 - 2,0$ возможны оба варианта; для окончательного решения вопроса нужно учесть дополнительно особенности каждого отдельного случая, а также и других приведенных выше факторов.

Литература

1. Абдуллаев Ф.С. “Основы теории обработки металлов давлением”., 2000г
- 2.Сторожов М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. а. 4-с. изд. М: Машиностроение 2007, 423 с.
- 3.Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. Харьков, Высшая школа. 2006, 248 с.

Организация и построение автоматизированного банка данных для технологических процессов обработки металлов давлением

Студентка Даминава Г.Д.

Научный руководитель - ст.пр. Махмудова Н.А.

ТашГТУ имени И.Каримова

В статье рассматривается возможность организации и построения автоматизированного банка данных для решения задач по технологической подготовке обработки металлов давлением. Показано управление базой данных на компьютере.

Илмий мақолада автоматлаштирилган банк қийматларини ташкиллаштириши ва қуриши имкониятлари яратилиши учун металлларга босим билан ишлов бериши технологик жараён банк қийматларини компьютерда бошқариши методлари келтирилган.

In article possibility of the organization and construction automated a databank for the decision of problems on technological preparation of processing of metals by pressure is considered. Management of a database on the computer is shown.

Организация интегрированных информационных массивов получила название автоматизированного банка данных (АБД) (рис.1). АБД – автоматизированная система, представляющая совокупность программных, технических, информационных и организационных средств обеспечивающих накопления, хранения, обновлении, интегрированной обработки и выдачи информации в любой комбинации для решения регламентных задач и информационно – справочного обслуживания пользователей. К АБД предъявляются следующие требования: однократный ввод данных в систему, многократное их использование, минимум дублирования возможность расширения и обновления быстрый доступ к данным и их защищенность, интеграция данных для использования различными отраслями статистики [1].

Структурными элементами АБД (рис. 1) являются база данных и система управления базовой данных.

База данных (БД) совокупность используемых в автоматизированной системе управления данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, независимая от прикладных программ. База данных включает совокупность взаимосвязанных информационных массивов (файлов), описывающих статически данные и объекты наблюдения, а также отношения между массивами. Все взаимосвязи отражаются при помощи ссылок[2].

Система управления базой данных (СУБД) – совокупность программных средств обеспечивающих формирования базы данных, выполняет определенные функции управления базой данных и их обработкой.

В органах госстатистики в основу создания банка данных заложены принципы развития и интеграции. Принцип развития предопределяет поэтапную организацию банка данных, по мере развития технического и программного обеспечения – постепенное увеличения включаемых в него показателей. Принцип интеграции отражает взаимную увязку информационных массивов [2].

В начальной стадии организации банка данных была создана регистровая форма хранения данных. Дальнейшее развития автоматизированной обработки статической информации потребовала организации банка данных с более высоким уровнем интеграции информационных массивов.

Автоматизированного банка данных статической информационной системы (АБД СИС) предусматривает более высокий уровень интеграции обработки статических данных, тесную увязку статических показателей, задач и комплексов, относящихся к различным отраслям статистики, а также обмен информацией с другим АСУ.

АБД СИС создается во взаимодействии с системой телеобработки статистической информации (СТОСТИ), КЭОИ, АРМ экономистов – статистиков, автоматизированной системой метаинформации, автоматизированным банком классификаторов, а также базами данных других автоматизированных систем управления.

Функционирование АБД технически реализуется компьютеры третьего и последующих поколение с запоминающими устройствами прямого доступа на магнитных дисках, каналами связи и терминальными устройствами, а также коллективом специалистов, обслуживающих эту систему – администрацией АБД[2].

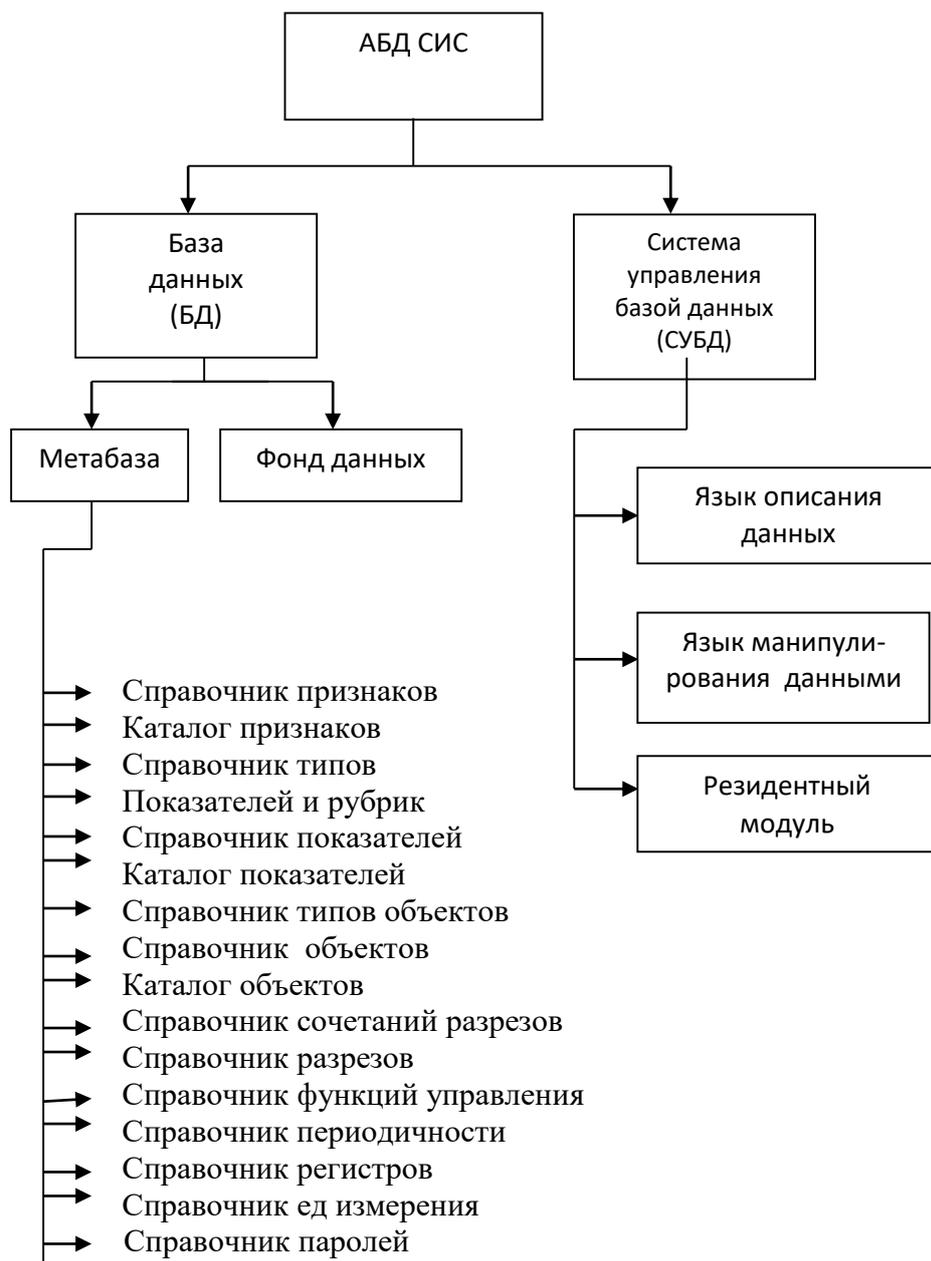


Рисунок 1 - Структура АБД

Литература

1. Абдуллаев Ф.С. “Основы теории обработки металлов давлением”, 2000г
2. Сторожов М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. а. 4-с. изд. М: Машиностроение 2007, 423 с.
- 3.Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. Харьков, Высшая школа. 2006, 248 с.

Студентка Тургунова Х.А.
Научный руководитель - Ахмадалиев Ш.Ш.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Конструирование штампов для поперечного выдавливания имеет свои особенности. Матрица выполняется из двух частей с горизонтальной плоскостью разреза. Приёмную полость выполняют в одной из полуматриц. При этом полость может быть получена выточкой углубления на торце вставки полуматрицы или образована вставкой и промежуточным бандажом. При необходимости ограничения утолщения по диаметру бандажуемая вставка матрицы выполняется составной с сопряжением по диаметру. Рабочая втулка запрессовывается в вставку с натягом, равным 0,5-0,7 значения натяга при запрессовке цельной вставки в бандаж. Бандажированные полуматрицы необходимо установить в штампе таким образом, чтобы конусная вставка своим малым основанием была обращена к поперечной полости. Выталкиватели должны быть предусмотрены в обеих частях штампа.

Запирание разъемных матриц осуществляется с помощью пружинных, клиновых или клинорычажных устройств. Применение пружинных устройств (буферов) значительно увеличивает суммарное усилие на ползуне пресса и усложняет конструкции штампов. Клиновые запирающие узлы способствуют замыканию расширяющих усилий в штамповом блоке без их передачи на ползун пресса. Однако при этом возникают затруднения в раскрытии матрицы после выполнения рабочего хода. В новых конструкциях штампов для радиального выдавливания раскрытие матриц - выключение запирающих узлов - облегчается благодаря выполнению на заключительной стадии процесса высадки выдавливаемого фланца. Принципиальная схема штампа для радиального выдавливания приведена на рис. 1.

Штамп содержит смонтированный на верхней подвижной плите 7 пуансон 4 с охватывающей его нажимной втулкой 5, а также присоединённую плите 7 посредством тяг 6 в верхнюю полуматрицу 3. На нижней плите 12 смонтирован матрицедержатель 2, в котором установлена нижняя полуматрица 10. В вертикальной полости полуматрицы 10 размещён противопуансон 1, охваченный опорной втулкой 11. При смыкании полуматрицы образует рабочую кольцевую полость. Механизм запирания полуматриц после их смыкания выполнен в виде по меньшей мере двух шарнирно как правило прикреплённых к матрицедержателю 2 поворотных (в вертикальной или горизонтальной плоскости) подпружиненных рычагов 9. Рычаги взаимодействуют своей рабочей передней кромкой с верхним торцом верхней полуматрицы 3.

Тыловой стороной каждый из запирающих рычагов взаимодействует с приводным механизмом, выполненным в виде, например, пневмоцилиндра или подпружиненного толкателя 8, шарнирно прикреплённого к подвижной плите 7.

После смыкания полуматриц они запираются рычагами, поворачивающимися с помощью толкателей. Полуматрицы под действием выдавливаемого в поперечную полость металла и распирающих усилий раздвигаются до соприкосновения с рабочей кромкой рычагов 9. В заключительной стадии деформирования втулка 5 входит в соприкосновение с полуматрицей 3 и перемещает её вниз синхронно с пуансоном, что приводит к уменьшению высоты полости и высадке металла в зоне фланца. Это высвобождает рычаги 9, которые благодаря подпружинению ускоренно возвращаются в исходное положение и не препятствуют подъёму верхней полуматрицы с подвижной плитой 7 и при холостом ходе ползуна пресса.

Значительными технологическими возможностями обладают способы комбинированного выдавливания, сочетающие поперечное (радиальное и боковое) выдавливание с известными способами прямого и обратного выдавливания. Классификация разновидностей поперечно-комбинированного выдавливания показывает возможность осуществления деформирования по более чем 20 вариантам.

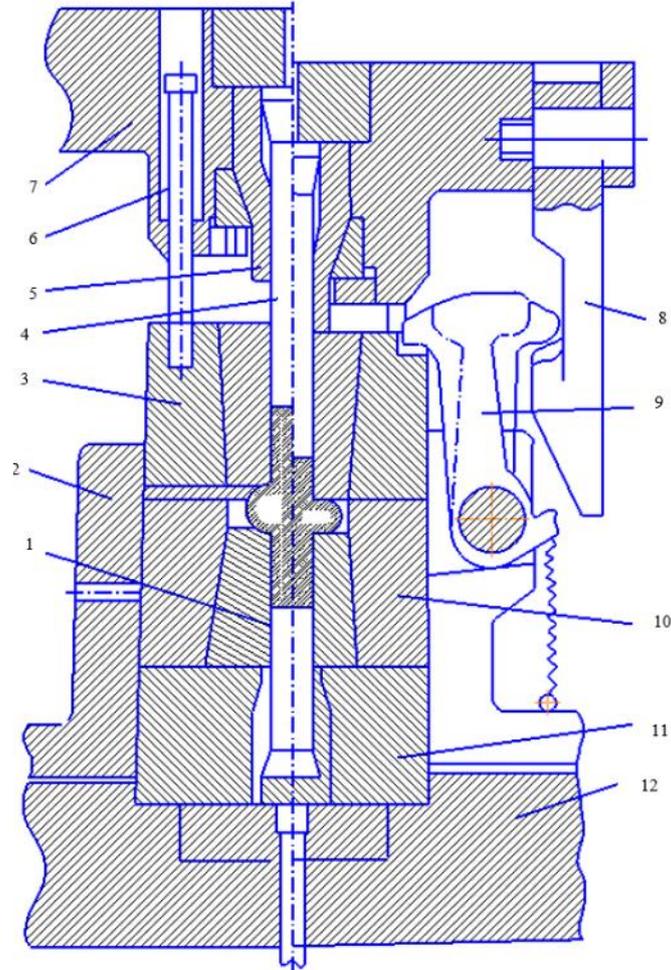


Рисунок 1 -. Принципиальная схема штампа для радиального выдавливания

Литература

1. Загидуллин Р.Р. Комбинированное выдавливание изделия типа стакан. // Вестник ТашГТУ 2001 г. №1 ст. 26-29
2. Исследование напряжённо-деформированного состояния штамповки в закрытых штампах с выдавливанием в кольцевую полость: отчёт о НИР/ТашПИ; Руководитель Ф.С. Абдуллаев – инв.№45977. Ташкент, 1985 г. 44с.

Магнитно-импульсная обработка металлов

Студент Апишев В.В.
Научный руководитель - Томило А.В.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В промышленности широко используются различные методы обработки металлов, как правило, принцип их действия заключается в применении давления, температуры или режущих инструментов к заготовке.

Выполняются все процессы при помощи специальных установок и станков, которые, как правило, приводит в действие определенный источник энергии.

В 50-х годах прошлого века начали появляться публикации на тему магнитно-импульсной обработки металлов, с того момента началась новая эра в металлообрабатывающей индустрии.

Использование магнитного поля в качестве основной силы воздействия ведет к значительной экономии энергетических ресурсов, повышению экологических показателей заводов и их производительности, расширению списка материалов, с которыми можно работать.

Магнитно-импульсная обработка металлов является очень выгодным и эффективным методом, потому она пользуется широкой популярностью среди современных производителей. Рассмотрим подробно, как и при помощи какого оборудования проходит процесс.

Технология магнитно-импульсной обработки металлов

При такой обработке металла заготовка не имеет прямого контакта с инструментом, т.к. он отсутствует, а непосредственно контактирует с электромагнитным полем, а это значит, что не нарушаются механические свойства металла.

К примеру, при электромагнитной штамповке пуансон не используется вовсе, поскольку давление создается при взаимодействии металлов и деталей с магнитным полем.

Магнитное поле вырабатывается в собственном генераторе установок, или, как его еще называют, индукторе.

После подачи высокого напряжения создается локализованное давление на заготовку, которое может быть направлено на сжатие, расширение или улучшение физико-механических свойств металлов.

Магнитно-импульсные установки для обработки металлов

Специальные установки, в которых проводится магнитно-импульсная обработка металлов, является источником энергии. Установки оснащены специальным инструментом, при помощи которого и происходят все процессы.

Инструмент, свою очередь, состоит из индуктора, который генерирует собственное магнитное поле, и непосредственно, заготовки. Подобные агрегаты являются высоковольтными, поскольку они используют для создания магнитных полей силу тока.

Магнитно-импульсная обработка проводится по таким схемам:

- Обжим;
- Раздача;
- Плоская листовая штамповка;
- Улучшение физико-механических показателей металла.

Схема «обжим»

Принцип действия этой схемы заключается в том, что обрабатываемая трубчатая деталь помещается во внутреннюю полость индуктора. При включении агрегата силы магнитного давления направляются к оси системы, они производят сжатие.

Схема «раздача»

Эта технология позволяет проводить расширение заготовок. При этом инструмент размещается в полости детали, а силы магнитного поля направлены от оси и производят раздачу стенок металла.

Плоская листовая штамповка

В данной схеме индуктор и заготовка размещены параллельно другу, они плоские и разделены специальной прокладкой, которая выполняет функцию изолятора. Магнитное давление направляется от индуктора к детали.

Улучшение физико-механических показателей металла

Это особая схема, при которой магнитное поле воздействует на заготовку не с целью ее деформации, а с целью улучшения физико-механических свойств.

Магнитное поле в таком случае локально разогревает заготовку, интенсивность вихревых токов, которые им создаются, растет в местах структурной неоднородности заготовки, а именно в местах, где есть дефекты кристаллической решетки или сторонние включения.

Под воздействием полей все дефекты либо исправляются, либо выталкиваются.

Магнитно-импульсная обработка металлов повышает такие показатели как стойкость, прочность и коррозионная защищенность.

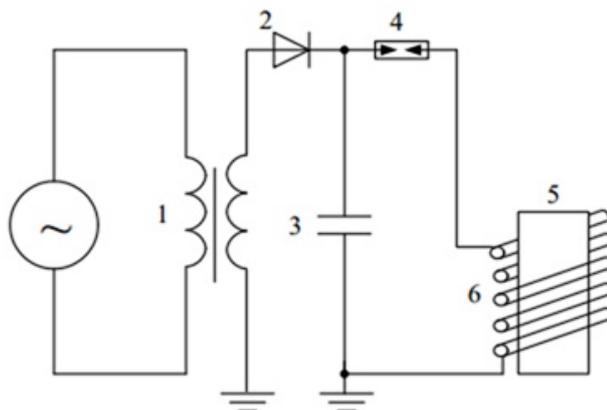
Магнитно-импульсная обработка металлов все чаще используется на производствах, поскольку она дает широкие возможности для повышения качества выпускаемой продукции.

Также данный метод позволяет экономить на потреблении энергетических ресурсов.

Одним из достоинств установок данного типа является их полная автоматизация, – это значит, что машины можно включать в линии, которые обеспечивают высокую производительность предприятий.

Установка магнитно-импульсной обработки (рис. 1) имеет зарядное устройство, батарею конденсаторов - накопитель энергии, коммутирующее устройство и индуктор. Батарея 3 заряжается через выпрямитель 2 от источника питания 1. По завершении зарядки батарея с помощью коммутирующего устройства 4 замыкается на индуктор 6.

Протекающий по индуктору ток создает магнитный поток, который пересекает металлическое изделие 5 и создает в нем вихревые токи.



1 - источник питания; 2 - выпрямитель; 3 — батарея конденсаторов; 4 - коммутирующее устройство; 5 - изделие; 6 - индуктор

Рисунок 1- Принципиальная схема электрической цепи установки для магнитно- импульсной обработки металлов

**Возможность централизации управления гидравлическими
штамповочными молотами с ЧПУ в производстве объемных поковок
различных форм с помощью средств мобильной связи или
созданием локальной сети с целью автоматизации производства**

Студент Индрилюнас В. Б.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью работы является изучение возможности централизации управления робототехническими комплексами и автоматизированными линиями в составе с гидравлическими штамповочными молотами с ЧПУ с целью создания автоматизированного производства.

Автоматизированное производство — это система машин, оборудования, транспортных средств, обеспечивающая строго согласованное во времени выполнение всех стадий изготовления изделий, начиная от получения исходных заготовок и кончая контролем (испытанием) готового изделия и выпуска продукции через равные промежутки времени.

В основе автоматизированного производства лежат автоматические линии, которые обладают всеми преимуществами поточного производства, позволяют непрерывность производственных процессов сочетать с автоматичностью их выполнения.

Автоматическая линия (АЛ) — это система машин-автоматов, размещенных по ходу технологического процесса и объединенных системой управления и автоматическими механизмами и устройствами для решения задач транспортировки, накопления заделов, удаление отходов, изменения ориентации.

Автоматические линии служат для выполнения в автоматическом режиме определенных операций (стадий) производственного процесса и зависят от вида исходных материалов (заготовок), габаритов, массы и технологической сложности изготавливаемых изделий.

В комплекс АЛ входит транспортная система, предназначенная для подачи заготовок со склада к стандам, перемещения подвесного технологического оборудования от одного станда к другому, для транспортировки со стандов готовых изделий на главную линию или склад готовой продукции.

Робототехнический комплекс - совокупность взаимодействующих роботов, обеспечивающих комплексную автоматизацию выполнения группы производственных операций.

Рекомендуется применение современных средств коммуникации для соединения всего оборудования, в данном случае: гидравлических кузнечных молотов с ЧПУ для того, чтобы перенести все управление и настройку роботов, машин и агрегатов, в одну точку предприятия/завода либо же возможность осуществления управления и настройки дистанционно, посредством мобильной(сотовой) связи и интернет или же Bluetooth (блютуз), настройку и управление осуществлять с планшета, смартфона, компьютера. Так же установить собственные передатчики/роутеры локальной сети для исключения невозможности управления производством при исчезновении сети интернет. Данные мероприятия позволят: сократить производственные площади, уменьшить количество работающих, себестоимость продукции сократится в несколько раз, улучшится качество продукции, повысится культуру производства.

Преимущества и недостатки гидравлических штамповочных молотов с ЧПУ в производстве объемных поковок различных форм

Студент Астапович А.В.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью работы является изучение преимуществ и недостатков гидравлических штамповочных молотов с ЧПУ в производстве объемных поковок различных форм, для дальнейшего интегрирования в производство.

В чем основное отличие Молотов гидравлических с ЧПУ от обычных ?

Основное отличие заключается в использовании программного блока (ЧПУ), благодаря которому производится точная наладка, а также ввод программы за счет чего и производится обработка заготовки.

Рассмотрим на примере молота штамповочного гидравлического с ЧПУ (Серия С92К)

Гидравлический кузнечный молот с ЧПУ представляет собой гидравлический двухтактный программируемый ковочный молот. Кузнечный молот с ЧПУ имеет следующие преимущества:

Программируемый удар. Энергия разряда программируется, точно контролируется благодаря PLC Siemens (Микроконтроллер Siemens предназначен для решения разных задач автоматизации малого уровня.).

Точный контроль энергии удара. Стабильное качество штамповки, отклонение $\leq \pm 1,5\%$.

Направляющие X-типа и управление ЧПУ обеспечивает высокую точностьковки.

Станина типа «U» с высокой жесткостью, высокой устойчивостью к боковым нагрузкам, идеально подходит дляковки.

Высокая частота удара благодаря чему уменьшается время обработки и повышения эффективности производства.

Простая и безопасная работа. Очень легко сохранять и открывать параметрковки в ЧПУ, а также загружать данные из общей базы данных режимов штамповки.

Низкая вибрацияковки, это способствует улучшению качества работы за данным оборудованием а также повышения безопасности при эксплуатации.

Оптимальный срок службы штампа и ковочного бойка, поскольку время касания короче, чем у прессы.

Идеально внедряется в автоматическую производственную линию.

Перейдем же к недостаткам:

Специально обученный персонал, который будет заниматься программированием и наладкой микроконтроллера.

Относительная дороговизна изготовления, помимо самого молота, понадобятся дополнительные затраты на установку самого программируемого блока.

Также в дополнение хотелось бы отметить, использование данного молота в качестве единицы для автоматизированной линии (АЛ), что позволяет автоматизировать производство штампованных изделий намного быстрее, по сравнению с традиционным оборудованием, которое требует большого количества доработок и отладки.

**Разработка технологического процесса производства
сортового проката диаметром 8,5 мм из заготовки размером
250x300 мм условиях стана 370/150**

Студент Барановский М.А.
Научный руководитель – Томило В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Анализ производства сортовой прокатной продукции показывает, что основная доля приходится на трубную заготовку, катанку, крупносортовый и мелкосортовый металл. Значительно расширен сортамент экономичных профилей проката. Расширение сортамента обусловлено освоением новых экономичных профилей: широкополочных двутавровых балок, тонкостенных двутавровых балок, швеллеров и угловой стали с полкой переменной толщины. В свою очередь, производство арматурной стали является одним из самых распространенных и востребованных в массовом прокатном производстве.

Управление технологическим процессом, проблема выбора оптимальной технологии связаны с выбором критерия оценки качества. Задачу выбора таких критериев можно определить как задачу определения качества технологического процесса.

В данной работе разработается технологический процесс производства сортового проката, основанный на правильно рассчитанной калибровке валков, которая сможет в полной мере соответствовать требуемому качеству продукции, а также экономическое обоснование процесса производства сортового проката в условиях стана 370/150.

Разработка технологического процесса производства различных видов профилей заключается в расчете калибровки валков, усилия прокатки, прокатного валка на прочность, мощности электродвигателя, а также годовой и часовой производительности стана.

Калибровка валков является решающим фактором, определяющим успешную работу любого прокатного стана. Большое значение имеют также такие факторы, как качество металла и качество изготовления калиброванных валков и валковой арматуры, точность настройки стана и квалификация обслуживающего персонала. Хорошо выполненная калибровка является важнейшим условием высокопроизводительной работы прокатного стана. Она позволяет получить готовый профиль в соответствии с требуемыми размерами, шероховатостью поверхности и с равномерными механическими свойствами по длине и ширине профиля; обеспечить прокатку с наименьшими расходами валков и энергии, а также наименьшими затратами времени на прокатку; обеспечить заданный температурный режим деформации для осуществления термомеханической обработки полос с прокатного нагрева; устранить ручной труд, максимально автоматизировать и механизировать процесс прокатки; создать минимальный парк валков на весь сортамент профилей стана.

Изготовление буровых долот под высоким давлением

Студенты Шевченко Е.Г., Мухитдинов А.А.

Научный руководитель - Алимбабаева З.Л

. Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина в г. Ташкент.

Аннотация

Описание весьма необычного способа получения алмазных буровых долот диаметром до 212 мм под давлением до полутора гигапаскаль, температуры 1250 градусов Цельсия. в стальной камере высокого давления в промежутке до 120 минут происходит спекание в тепло-электроизолирующей оболочке. Во время производства долот с помощью процесса спекания под высоким давлением в стальной камере высокого давления доказано, что процесс спекания производительный, а его оснастка многообразная. Показатели прочности долот дают шанс использованию даже в самых интенсивных и напряжённых режимах бурения. Металлокерамическая матрица способствует надёжному закреплению режущим элементам алмазных композитов.

Ключевые слова: PCD, КВД, алмазный композит, спекание, буровой инструмент связка алмазного инструмента.

На данный момент многие буровые нефтегазовые работы производятся благодаря алмазным долотам, где режущими элементами выступают алмазно-твердосплавные композиты PCD (1-6). Долота такого типа состоят из стального корпуса с впаянными режущими элементами. Абразивную стойкость корпуса увеличивают с помощью износостойких покрытий разнообразными способами. Когда алмазно-твердые композиты PCD имеют трещиностойкость, твердость, высокую прочность и режущую способность. Однако их главным недостатком является невысокая термостойкость, при нагревании PCD свыше 700 градусов по Цельсию снижается работоспособность.

Использование высоких давлений до 1,5 ГПа позволяет сохранить свойства режущего элемента и использовать его при изготовлении инструмента для сварки керамических швов. Спекание долот высокого давления обеспечивает равномерное сжатие металлической порошковой матрицы и деформацию окружающего материала КВД.

В зависимости от объема и плотности определяется количество порошка керамической матрицы и делится на фракции, необходимые для образования ее конечной, периферийной и средней части. Монтаж камеры завершился установкой верхнего нагревателя и теплоизоляционной рубашки. Поршень опускался сверху, а загрузочное устройство вставлялось в гидравлический пресс за счет осевой силы, которая создавала давление до 1,3 ГПа в КВД. Зона спекания нагревалась постоянным током, генерируемым генератором ND 5000/10000 А, и подавалась на нагревательные элементы с помощью воздушного поршня и кронштейна НРС. Режим спекания составлял пять минут при подаче электроэнергии до 25 кВт с последующей выдержкой до достижения температуры около 950-1000 С в зоне спекания, которую контролировали в соответствии со спецификациями термопары, используемой там. В этом случае, как показывают измеренные значения термопары, температура увеличивалась со степенью демпфирования, и время нагрева диапазона спекания при 950 С составляло 45 минут.

По достижении заданной температуры электроснабжение было восстановлено, а генератор выключен. Благодаря большому весу и хорошей теплоизоляции фитили медленно остывают. В течение часа температура снижается до 300 С, что исключает риск теплового воздействия на матрицу. При температуре около 300 С осевая нагрузка была снята, повышение давления уменьшено и наконечник из спеченного материала был удален.

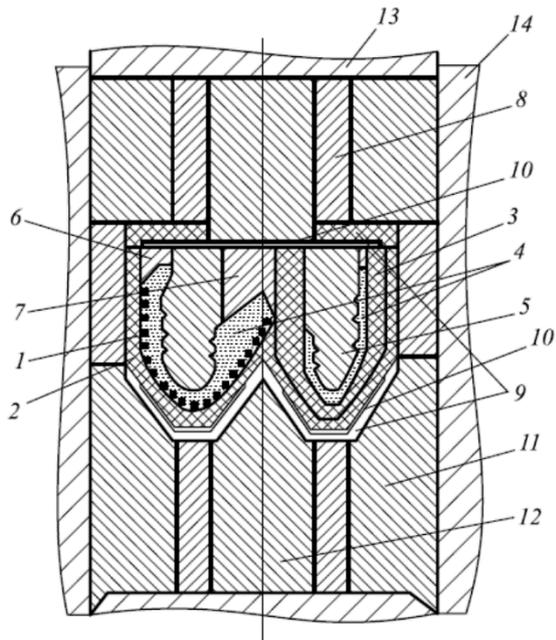


Рисунок 1.- Схема сборки КВД для горячего прессования алмазных долот:

1 – алмазы АСПК; 2 – графитовая пресс-форма; 3 – графитовые вкладыши; 4 – металлокерамическая матрица; 5 – стальной корпус долота; 6, 7 – стальные подпрессовочные пуансоны; 8 – графитовые токоподводящие нагреватели; 9 – графитовые тепловыделяющие нагреватели; 10 – электроизоляционные асбестовые прокладки (толщина 0,3 – 0,5 мм); 11 – пиррофиллитовые оболочки; 12 – пиррофиллитовые вкладыши; 13 – пуансоны; 14 - КВД

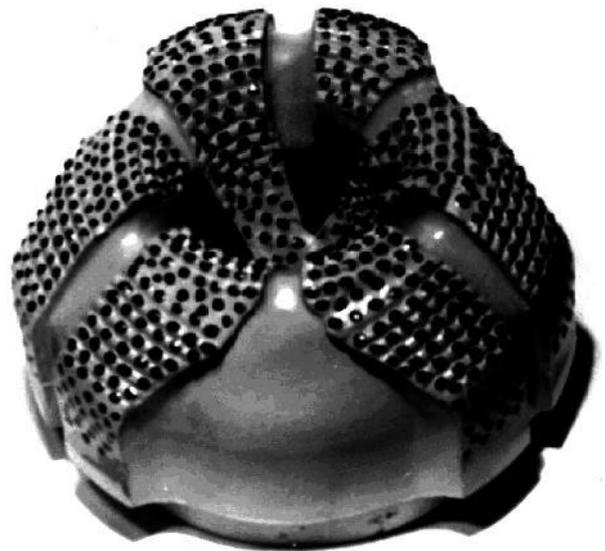


Рисунок 2 - Алмазное долото, полученное методом спекания под высоким давлением:

1 – корпус долота; 2 – режущий элемент АСПК; 3 – матрица; 4 – отверстие для бурового раствора

Использование высокого давления в стальной КВД при спекании долот доказало, что процесс спекания обладает хорошей производительностью. Оснастка может применяться ни один раз. Показатели прочности долота позволяют использовать его даже в самых сложных и жестких режимах бурения. Матрица из металлокерамики образует надежный крепеж режущих элементов АСПК, имеет высокую прочность и износостойкость. Цена буровых долот и их стойкость становятся перспективными. Поэтому можно продолжить использование долота с алмазным композиционным материалом, обладающим различной термостойкостью. Этот способ изготовления долот энерго-экономичный, высокопродуктивный и экологичным.

Литература

1. Шарипов А.Н., Мингазов Р.Р. Долота для бурения по твердым породам
2. Бессон А., Берр Б., Диллард С. и др. Новый взгляд на режущие элементы буровых долот
3. Трушкин О.Б., Попов А.Н. Выбор долот РДС в соответствии с твердостью и абразивностью горных пород
4. Сергейчев К.Ф. Алмазные CVD-покрытия режущих инструментов (обзор)
5. Лаптев А.И. Классификация синтетических поликристаллических алмазов «Баллас» и «карбонадо»

Анализ процессов обработки металлов давлением на программном обеспечении с использованием DEFORM

Студент Ахмаджонов Ё.Д.

Научный руководитель - Юсупов А.А.

Ташкентский государственный технический университет
г. Ташкент

Для развития, успешного функционирования и конкурентоспособности промышленных предприятий в современных условиях абсолютно необходимы передовые информационные компьютерные технологии. Они позволяют не только решать широкий круг задач в сфере проектирования объектов производства, но и осуществлять комплексную автоматизацию основных технологических и производственных процессов.

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

Рассмотрим пример решения задачи обработки металлов давлением в системе DEFORM на примере безоправочного волочения.

В качестве исходной заготовки будем использовать трубу диаметром $d=28$ мм и толщиной стенки $t = 2$ мм. Инструмент - волока с диаметром калибра $D = 25$ мм.

В виду сложности геометрия объектов математической модели подготавливается отдельно в пакете твердотельного моделирования SolidWorks.

Откроем программу DEFORM.

Создадим базу данных с названием DRAWING (ВОЛОЧЕНИЕ).

В меню Simulation controls (Параметры моделирования) настроим выбор единиц измерения в задаче. Выберем единицы измерения СИ.

Определим свойства заготовки в поле Свойства объекта (Option window). На закладке General (Общие Свойства) оставим по умолчанию тип объекта - пластичный, исходную температура 20°C . Зададим материал заготовки Сталь 45 (аналог в библиотеке материалов - AISI-1045, COLD [70- 400F(20-200C)]).

Перейдем на закладку Geometry (Геометрия) и нажмем кнопку Import Geo... (Импорт геометрии).

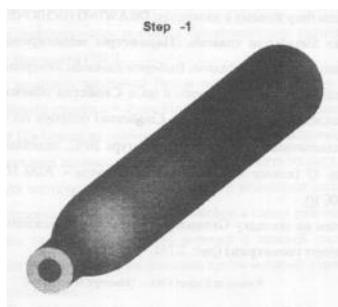


Рисунок 1 - Импортированная геометрия заготовки

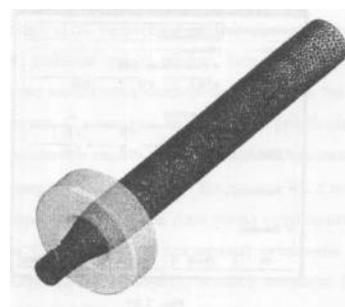


Рисунок 2 - Касание заготовки и волоки

Теперь необходимо создать сетку конечных элементов для заготовки. Для этого перейдем к закладке Mesh (Конечно-элементная сетка). Последовательно нажмем кнопки Surface Mesh (Поверхностная сетка КЭ) и Solid Mesh (Объемная сетка КЭ).

После этого на экране отобразится сетка элементов на объекте.

Теперь параметры заготовки определены и можно переходить к инструменту. Для этого в Дереве Объектов (Tree Window) добавим новый объект - волоку, нажав кнопку +. Температуру волоки оставляем по умолчанию 20°C.

Зададим нижнюю часть захватных клещей. Для этого в Дереве Объектов (Tree Window) добавим новый объект.

Захватные клещи должны быть на расстоянии 5 мм от волоки, быть параллельными к оси волочения и касаться заготовки.

Переходим на закладку Movement (Движение) в поле Свойства объекта (Option Window) для обоих объектов Draw-tongs (Захватные клещи). В поле Direction (Направление) выбираем -X, а в поле Constant Value (Постоянное значение) вводим значение 400 мм/с.

Запустим решение базы кнопкой Start (Запустить).

Интерпретация полученных результатов в Post Processor

С помощью кнопок воспроизведения на Панели Инструментов просмотрим весь процесс волочения (рис. 4).

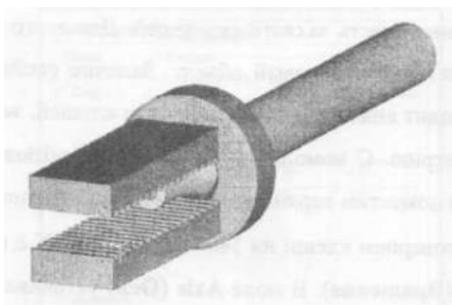


Рисунок 3 - Компоновка задачи

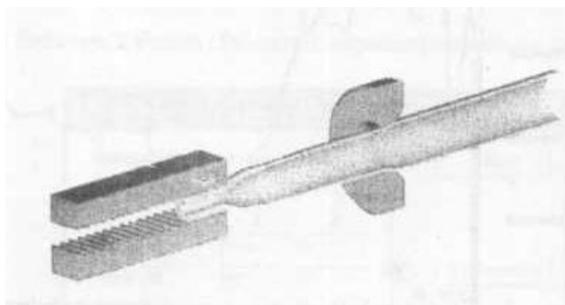


Рисунок 4 - Волочение заготовки

Одним из основных параметров, который можно определить после моделирования, является усилие волочения. Нажмем на кнопку Graph (load- Stroke) на Панели инструментов. Для объекта Draw-tongs построим график зависимости усилия по оси OX от времени (рис. 5).

Далее выбираем параметр Stress Effective (Действительные напряжения), и на экране Постпроцессора отобразится график, в котором по оси абсцисс будет расстояние между двумя точками, по оси ординат - значения эффективных напряжений. Выбирая конкретный шаг моделирования, отображается состояние заготовки именно в этот момент времени (рис. 6).

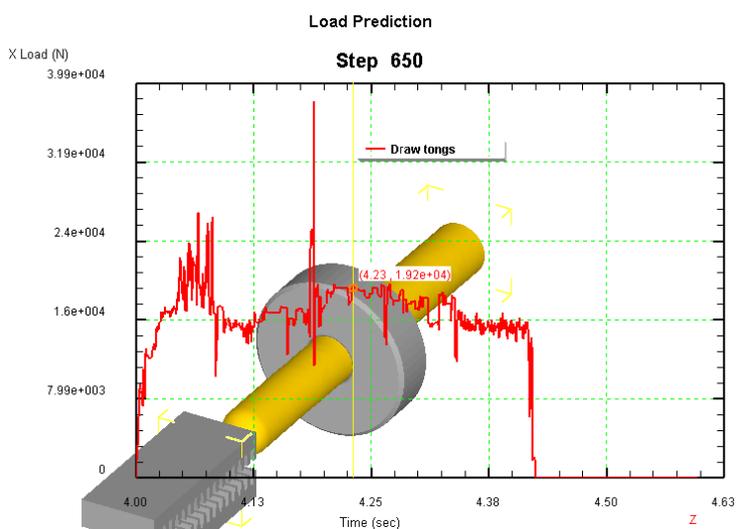


Рисунок 5 - Усилие волочения

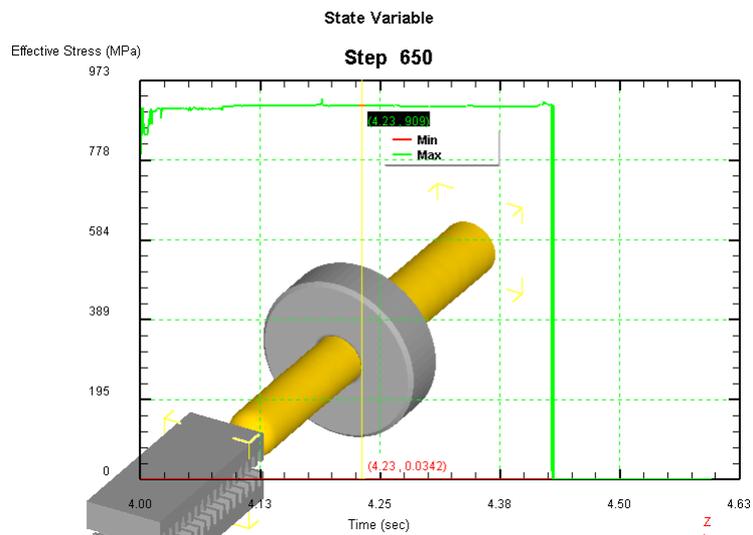


Рисунок 6 - Действительные напряжения в заготовке

Литература

1. Паршин В.С. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM-3D: Учебное пособие. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 265 с.
2. Ахмаджонов Ё. Д. Верхняя оценка деформирующей силы. – 2019.
3. Юсупов А. А., Икрамов А. А. Определение формы и размеров заготовки и переходов обжима //ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ. – 2017. – С. 100-105.
4. Хокс Б.Н. Автоматизированное проектирование и производство. – М: Мир, 2008. – 190 с.

Холодная прокатка гранул алюминиевых сплавов и алюминиевой ленты с наложением сдвиговых деформаций

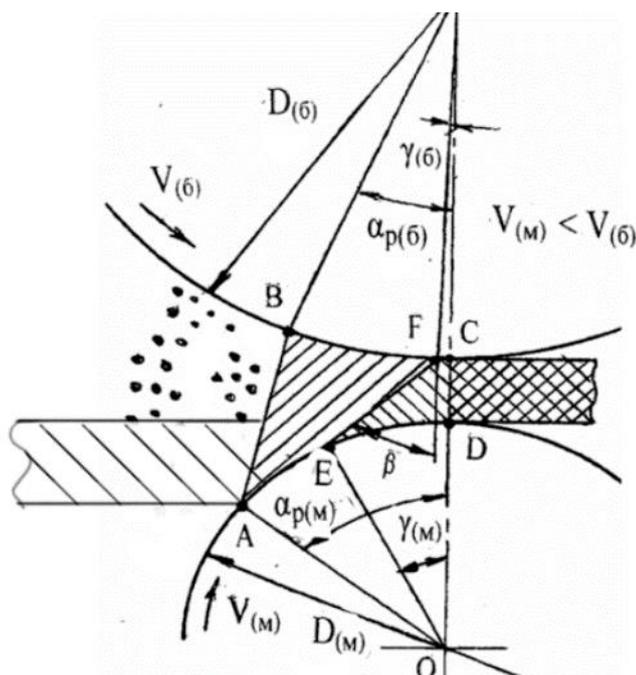
Студенты Ботвич А.Н., Кацкель В.С., Чаботар И.С.

Научный руководитель – Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Прокатка порошков находит широкое применение при получении длинномерных полуфабрикатов и изделий в виде лент биметаллических и многослойных материалов. Однако холодная прокатка гранул алюминия и изготовление из них полуфабрикатов в виде листов, лент и полос не нашла широкого применения по причине наличия на их поверхности прочной оксидной пленки, препятствующей образованию контактов между гранулами. Внедрение гранул алюминиевого порошка в поверхность алюминиевой ленты с образованием сварного соединения может быть осуществлено путем асимметричной прокатки с наложением сдвиговых деформаций.

Основа асимметричной прокатки заключается в обеспечении разницы скоростей между верхним и нижним валком [1]. Достигается несколькими способами: различной скоростью вращения валков; использованием валков разного диаметра; разными коэффициентами трения между поверхностями. Асимметричная прокатка способствует образованию деформаций сдвига, возникающих за счет того, что формирование структурных элементов происходит в очаге деформации при наличии высоких касательных и нормальных контактных напряжений.



АВFE – зона отставания; EFCD – зона опережения, EF – нейтральное сечение

Рисунок 1 – Схема очага деформации при асимметричной прокатке [2]

На рисунке 1 изображена схема очага деформации при асимметричной прокатке ленты с порошком. При асимметричной прокатке, когда нейтральное сечение EF расположено под углом β к линии центров валков значительно активизируется сдвиговая деформация частиц под давлением и уменьшается влияние растягивающих напряжений. Чем больше угол β , тем более активны сдвиговые деформационные процессы в очаге деформации. Увеличение асимметрии процесса приводит к большей деформации сдвига и уменьшению крутящего момента.

Существенное влияние на рассогласование окружных скоростей рабочих валков достигается за счет разности их диаметров. При отношении диаметра большего валка к диаметру меньшего 1,25 и более создаются благоприятные условия для активации сдвиговых процессов в очаге деформации. При асимметричной прокатке порошков максимальные контактные напряжения на валке меньшего диаметра всегда больше, чем на валке большего диаметра [2].

В идеале наложенная асимметрия должна определяться способом, в котором нейтральные точки существуют в очаге деформации, поскольку увеличение асимметрии за пределы критического уровня не увеличивает деформации сдвига [3]. При прокатке алюминиевых гранул со значительной деформацией частиц порошка нейтральный угол, равный $1,5^\circ$, был зафиксирован уже при соотношении $D(б)/D(м) = 1,32$ [2].

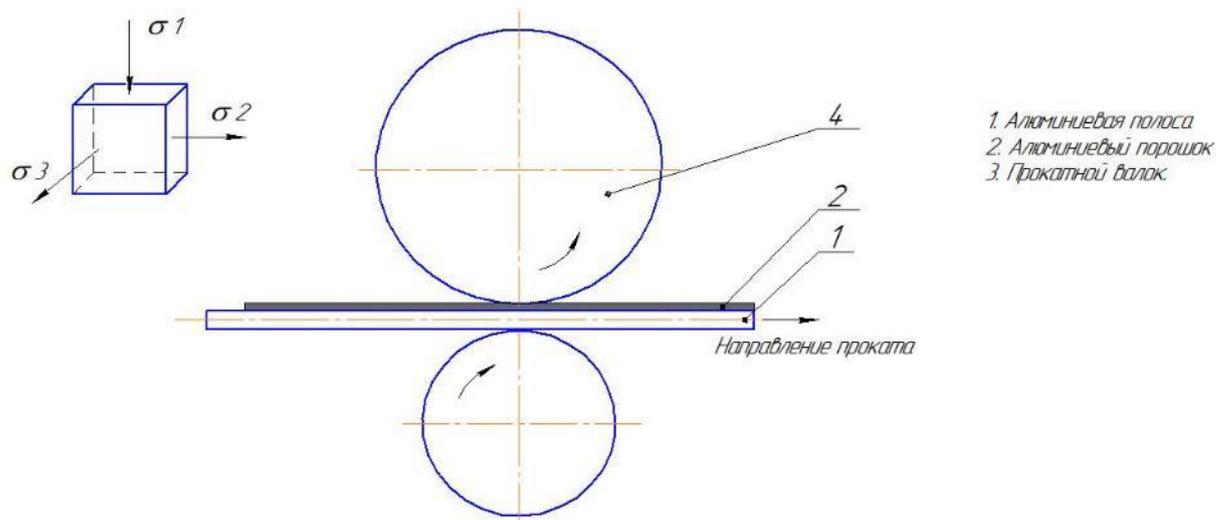


Рисунок 2 – Схема асимметричной прокатки

Перед нанесением алюминиевых гранул на алюминиевую ленту ее поверхность необходимо зачистить и обезжирить. Данная манипуляция необходима для снятия оксидной пленки с поверхности ленты, так как оксидная пленка алюминия препятствует адгезии поверхностей гранул и ленты.

При разработке процесса асимметричной прокатки для достижения адгезии между слоем алюминиевых гранул и поверхностью ленты необходимо варьировать интенсивностью и скоростью деформации, геометрией очага деформации и свойствами поверхностей соединяемых материалов.

Литература:

1. Грудеев, А.П. Теория прокатки / А.П. Грудеев. – М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
2. Гогаев, К.А. Особенности и технологические параметры асимметричной прокатки металлических порошков / К.А. Гогаев, Г.Я. Калуцкий, В.С. Воропаев // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия Машиностроение. – 2010. – № 60. – С. 89-93.
3. Vincze, G. Asymmetrical Rolling of Aluminum Alloys and Steels: A Review / G. Vincze, F.J.P. Simões, M.C. Butuc // Metals. – 2020. – 10. – 1126. – P. 1-24; doi:10.3390/met10091126

Создание компьютерной модели валковой правки

Студент Ветошкин А.В.

Научный руководитель - Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Для создания компьютерной модели правки строится многороликовая схема, в которой принимаются определенные допущения. Так, правильные валки принимаются как абсолютно твердые тела с целью уменьшения времени компьютерного расчета. Сама деталь принимается упруго-пластической. При решении трехмерных задач ОМД в большинстве случаев используются типы элемента Solid 164 и Shell 163.

Тип элемента Solid 164 применяется для деформируемой детали и представляет собой 8-и узловой объемный элемент. Тип элемента Shell 163 представляет собой 3-х или 4-х узловой трехмерный оболочечный элемент с возможностями определения мембранных свойств. Он применяется в нашей задаче для правильных валков.

Основными материалами для правки являются Сталь35 по ГОСТ 19282-73 и сталь 10ХСНД по ГОСТ19281-73, для которых принимаются следующие единые параметры с максимальным сопротивлением деформации: модуль Юнга 210000 МПа, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 7850 кг/м³, предел текучести $\sigma_T=390$ МПа, предел прочности для листов и полос в состоянии поставки $\sigma_B=530$ МПа, относительное удлинение $\delta=19$ %. Согласно полученным данным строится модель упрочнения материала. При решении трехмерных задач ОМД применяется билинейная изотропная модель для описания упругопластических деформаций (рисунок 1). Кривая модели состоит из двух элементов - упругой составляющей и пластической составляющей.

Билинейная модель может быть изотропная и кинематическая. Эти модели отличаются наличием/отсутствием учета эффекта Баушингера.

При определении модуля пластичности нужно учесть, что расчет необходимо вести в истинных (лагранжевых), а не в инженерных параметрах. Изотропное упрочнение подразумевает, что поверхность текучести равномерно расширяется во всех направлениях.

Если металл подвергнуть пластической деформации одного знака, то при перемене знака обнаруживается понижение предела текучести. Разница между пределами текучести растяжения и сжатия, равная $2\sigma_y$, остается постоянной. Это свойство и называется эффектом Баушингера. В нашей компьютерной модели на данном этапе он учитываться не будет, что скорее всего в дальнейшем даст завышенные результаты расчета.

Скорость вращения правильных валков должно обеспечивать скорость металла $v=100$ мм/с. Коэффициент трения μ в различных источниках применяется различный (0,3-0,7). В нашем случае он будет составлять 0,4. В данном случае правке подвергался материал толщиной $h=10$ мм и шириной $B=50$ мм. Результаты моделирования компьютерной модели представлены на рисунках 3-8. Для сравнения рассматривались 2 случая правки 13-ю валками диаметром $D=96$ мм с межосевым расстоянием между валками $t=100$ мм. В первом случае приводными были 11 валков (6 верхних и 5 нижних), во втором случае приводными были только 7 нижних валков. Использовалась в 2-х случаях одинаковая схема с наклонным расположением валков (см. рисунок 2). Максимальный прогиб на 2-м валке по предварительным расчетам составил 1,3 мм, который равномерно уменьшается к ролику №12.

На рисунке 3 можно наблюдать увеличение эквивалентного напряжения по Мизесу к концу правки, не смотря на уменьшение прогибов, что связано с упрочнением металла. Данные указаны в Па. На рисунке 4 указаны силы, действующие на оси валков в вертикальной плоскости. Конкретный график силы по 3-му валку (см. рисунок 2) в течение операции правки рассмотрим на рисунке 5. Усилие стабильно в течение установившегося процесса операции 5 кН.

Далее было проведено моделирование с целью сравнить результаты анализа с приводом только на нижние 7 валков. Ниже на рисунках 6 - 8 приведены полученные результаты. Начальные условия прежние.

Анализ результатов:

Сравнивая два одинаковых процесса можно заметить, что большой разницы нет. Усилия, действующие на валки, те же, скорость та же. Но тем не менее максимальные напряжения, эквивалентная пластическая деформация и общая энергия деформации немного меньше в случае с меньшим количеством приводных валков. После многократных исследований был сделан вывод, что настройка валков по скоростям будет играть определенную роль, т.к. при не достаточно точной настройке сами валки будут оказывать определенное сопротивление, тем более, что при правке металл несколько удлиняется.

Рассматривая напряженно-деформированное состояние (см. рисунки 3 и 6), можно отметить, что с постепенным уменьшением перегибов валков от начала к концу напряжение на изгибах не уменьшается, а даже возрастает. Это происходит по-видимому из-за постоянного упрочнения металла. Из рисунков 4 и 7 явно видно, что усилие на валки, а, следовательно, и крутящий момент не уменьшаются до валка №9. Так же моделирование показало, что схему расчета усилий изгибающего момента на валки лучше считать по схеме заземленной с 2-х сторон балки. Результаты изгиба заготовки показал практически те же реакции валков, что и при правке (см. рисунки 5 и 8). Результаты моделирования дают несколько завышенные результаты по сравнению с другими методиками. Также можно отметить, что распределение моментов по отдельным валкам доказывает важную роль необходимости более точной регулировки скорости каждого валка (в процессе металл может удлиняться) с целью правильного использования доступной мощности оборудования.

Заключение:

Изучение теории правки отстает от изучения других процессов ОМД, например, прокатки, что вызвано необходимостью учета множества явлений, протекающих в металле, подвергающемся знакопеременному нагружению с уменьшающейся амплитудой (взаимодействие упругой и пластической деформации, эффект Баушингера и пр.). В данном процессе присутствуют условия, как затрудняющие правку (упрочнение), так и облегчающие (эффект Баушингера). Все это может давать довольно большие отличия в результатах расчетов, выполненных по различным методикам. Для различных материалов по всему спектру толщин настроечные числа наладки валков, обеспечивающих правку, могут отличаться значительно. К этому необходимо добавить расчет возможности начального захвата полосы. Поэтому для любого оригинального станка требуется создание корректной компьютерной модели с учетом как можно большего числа необходимых параметров.

**Производство
чёрных и цветных
металлов и сплавов
на их основе**

Растворимость железа в алюминиевых сплавах

Студент Турахужаева Азизахон
Научный руководитель - Турахужаева Ш.Н.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г.Ташкент

На сегодняшний день одним из самых перспективных металлов является алюминий. По массе алюминий составляет 8,6% земной коры [1]. Несмотря на широкое распространение алюминия, его использовать как шихтовые материалы при плавке довольно сложно. Это в первую очередь связано с особенностями алюминия. Так например при комнатной температуре поверхность алюминия покрывается окисной плёнкой, а при повышении температуры толщина этой плёнки возрастает в несколько десятков раз. Известно, что при нагревании галогенидов алюминия – хлорида, бромиды, фторида они могут с большей или меньшей легкостью испаряться (так, $AlCl_3$ возгоняется уже при $180\text{ }^\circ\text{C}$) [2]. При сильном повышении температуры галогениды алюминия разлагаются, переходя в состояние с низшей валентностью металла, например, $AlCl$. Когда при понижении температуры и отсутствии кислорода такое соединение конденсируется, в твердой фазе происходит реакция диспропорционирования: часть атомов алюминия окисляется и переходит в привычное трехвалентное состояние, а часть – восстанавливается [3]. Восстановиться же одновалентный алюминий может только до металла:



Как известно, в больших объёмах алюминий можно восстановить из руд не только с помощью электричества и щелочных металлов. Для того, чтобы понять сущность образования кристаллов и структуры алюминия, а также разработки технологии плавки алюминия методом электрошлакового переплава, рассмотрим физико-химические свойства этого металла. Чистый алюминий по виду схож с серебром, это очень легкий металл: его плотность всего $2,7\text{ г/см}^3$. Легче алюминия только щелочные и щелочноземельные металлы, бериллий и магний. Плавится алюминий при температуре $559\text{--}560\text{ }^\circ\text{C}$, а его кипение происходит лишь при $2452\text{ }^\circ\text{C}$ [4]. Эта разница в температурах связана с образованием его окиси. Температура плавления окиси алюминия $2450\text{ }^\circ\text{C}$. По электропроводности алюминий – на 4-м месте, уступая лишь серебру, меди и золоту, что при дешевизне алюминия имеет огромное практическое значение. В таком же порядке изменяется и теплопроводность металлов. Еще одно свойство алюминия используется в промышленности. Его ровная блестящая поверхность хорошо отражает свет: от 80 до 93% в видимой области спектра в зависимости от длины волны. В ультрафиолетовой области алюминию в отражательных способностях нет равных, и лишь в красной области он немного уступает серебру [5].

Характерная степень окисления алюминия +3, но благодаря наличию незаполненных $3p$ - и $3d$ -орбиталей атомы алюминия могут образовывать дополнительные донорно-акцепторные связи. Поэтому ион Al^{3+} с небольшим радиусом весьма склонен к комплексообразованию, образуя разнообразные катионные и анионные комплексы: $AlCl_4^-$, AlF_6^{3-} , $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, $Al(OH)_4^-$, $Al(OH)_6^{3-}$, AlH_4^- и многие другие. Известны комплексы и с органическими соединениями. Химическая активность алюминия весьма высока, хотя в воздухе алюминий, в отличие от железа, не ржавеет. Этому причиной является то же самое окисное образование, так как на воздухе металл покрывается бесцветной тонкой, но прочной плёнкой из оксида, которая защищает металл от дальнейшего окисления. В источниках приводятся экспериментальные исследования, где говорится, что если поднести к пламени горелки алюминиевую проволоку или пластинку, то металл плавится, но алюминий не течет, так как остается в среде из его оксида. Если лишить алюминий защитной пленки, алюминий уже при комнатной температуре начнет энергично реагировать с влажной средой с выделением водорода:



На воздухе лишенный защитной пленки алюминий превращается в рыхлый порошок оксида:



Особенно активен алюминий в мелкоизмельченном состоянии; алюминиевая пыль при вдувании в пламя моментально сгорает. Если смешать на керамической пластинке алюминиевую пыль с пероксидом натрия и капнуть на смесь водой, алюминий также вспыхивает и сгорает.

Очень высокое сродство алюминия к кислороду позволяет ему «отнимать» кислород от оксидов ряда других металлов, восстанавливая их (метод алюминотермии). Самый известный пример – термитная смесь, при горении которой выделяется так много тепла, что полученное железо расплавляется:



Эта реакция была открыта в 1856 Н.Н.Бекетовым. Таким способом можно восстановить до металлов Fe_2O_3 , CoO , NiO , MoO_3 , V_2O_5 , SnO_2 , CuO , ряд других оксидов. При восстановлении же алюминием Cr_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , V_2O_3 теплоты реакции недостаточно для нагрева продуктов реакции выше их температуры плавления. Алюминий легко растворяется в разбавленных минеральных кислотах с образованием солей. Концентрированная азотная кислота, окисляя поверхность алюминия, способствует утолщению и упрочнению оксидной пленки это называется пассивацией металла. Обработанный таким образом алюминий не реагирует даже с соляной кислотой. С помощью электрохимического анодного окисления (анодирования) на поверхности алюминия можно создать толстую пленку, которую нетрудно окрасить в разные цвета. В то же время окисная пленка быстро разрушается хлоридом меди, поэтому легко идет реакция



Эта реакция сопровождается сильным нагревом. В крепких растворах щелочей алюминий легко растворяется с выделением водорода:



Амфотерный характер соединений алюминия проявляется также в легком растворении в щелочах его свежесозданного оксида и гидроксида. Кристаллический оксид (корунд) весьма устойчив к действию кислот и щелочей. При сплавлении со щелочами образуются безводные алюминаты:



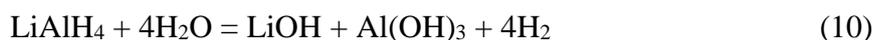
Алюминат магния $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ – полудрагоценный камень шпинель, обычно окрашенный примесями в самые разнообразные цвета. Бурно протекает реакция алюминия с галогенами. Если в пробирку с 1 мл брома внести тонкую алюминиевую проволоку, то через короткое время алюминий загорается и горит ярким пламенем. Реакция смеси порошков алюминия и иода инициируется каплей воды (вода с иодом образует кислоту, которая разрушает оксидную пленку), после чего появляется яркое пламя с клубами фиолетовых паров иода. Галогениды алюминия в водных растворах имеют кислую реакцию из-за гидролиза:



Реакция алюминия с азотом идет только при температуре выше 800 °С с образованием нитрида AlN, с серой – при 200 °С (образуется сульфид Al₂S₃), с фосфором – при 500 °С (образуется фосфид AlP). При внесении в расплавленный алюминий бора образуются бориды состава AlB₂ и AlB₁₂ – тугоплавкие соединения, устойчивые к действию кислот. Гидрид (AlH)_x (x = 1,2) образуется только в вакууме при низких температурах в реакции атомарного водорода с парами алюминия. Устойчивый в отсутствие влаги при комнатной температуре гидрид AlH₃ получают в растворе безводного эфира:



При избытке LiH образуется солеобразный алюмогидрид лития LiAlH₄ – очень сильный восстановитель, применяющийся в органических синтезах. Он мгновенно разлагается с помощью воды:



Как известно, сплавы насыщенные алюминием характеризуются эвтектическим взаимодействием твердого раствора алюминия и фазы Al₃Fe:



Эвтектическая реакция происходит при 652-655 °С при концентрации железа в эвтектической точке 1,8 %. Фаза Al₃Fe (40,7 % Fe) занимает обширную гомогенную область от 37,3 до 40,7 %. Фаза Al₅Fe₂ имеет концентрацию железа 27,5-29 % Fe. В то же время, растворимость железа в алюминии весьма незначительна, однако сильно зависит от температуры металла:

При температуре алюминия 655 °С она равна 0,052 %; при температуре 625 °С равна 0,043 %; при температуре 600 °С равна 0,034 %; при 500 °С равна 0,021 %, а при 450 °С равна 0,005 %. Как видно из диаграммы, в интервале от 450 °С до 655 °С содержание железа в алюминии можно возрасти в десятки раз. Именно этот интервал температуры является критическим и при насыщении алюминия оксидными включениями.

Литература

1. Nodir D.Turakhodjaev, Shirinkhon N.Turakjodjaeva, Jamaliddin S.Kamalov. The process of melting aluminum alloys to improve the quality of castings// Processing and Fabrication of Advanced Materials XXVII International Conference, Jonkoping, Sweden 27-29/05/2019 P. 351-354.
2. Concurrently improving uniform elongation and strength of ultrafine-grained Al–2Li alloy Wang Y., Zhang S., Wu R., Turakhodjaev N., Zhang J., Liu M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093.
3. Microstructure and mechanical properties of ultra-lightweight Mg-Li-Al/Al-Li composite produced by accumulative roll bonding at ambient temperature Wang Y., Liao Y., Wu R., Turakhodjaev N., Chen H., Zhang J., Zhang M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093.
4. Sh.N.Turakhujaeva, N.D.Turakhodjaev, D.O.Nizamova, N.A.Kaarimova. Ekological Pure and Safe Transport//International Scientific and Practical Conference World Science. Vol.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. P. 52-55.
5. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Cfnfdian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – P. 52-58.

Исследователь Турахужаева Ширинхон
 Научный руководитель Саидахмедов Р.Х.
 Туринский политехнический университет в Ташкенте
 Республика Узбекистан, г. Ташкент

В современном этапе развития машиностроительного производства решаются вопросы как количественных, так и качественных показателей при изготовления литых изделий. Производство качественных машиностроительных литых деталей из алюминиевых сплавов требует особого внимания, что обуславливается свойствами алюминия насыщаться газовыми включениями [1]. Для предотвращения насыщения алюминиевых сплавов газовыми включениями, в производственных условиях часто загружаемую шихту нагревают до температуры свыше 250-300 °С [2]. Это способствует удалению влаги с поверхности шихты и предотвращает насыщения расплава неметаллическими включениями. В таблице 1 приведены результаты исследований по определению влияния нагрева шихты на содержание неметаллических включений в алюминиевом сплаве в электрических плавильных агрегатах.

Таблица 1 - Результаты плавки при различных температурах нагрева шихты перед загрузкой в печь.

№ п/п	Режим ведения плавки	Температура нагрева шихты перед загрузкой в печь, °С	Содержание оксида в расплаве, %
1	Индукционная печь с предварительным подогревом шихты	200-250	4-5
2		300-400	2-4
3		450-550	2-3
4		600-700	4-5
5	Печь сопротивления с предварительным подогревом шихты	200-250	6-7
6		300-400	4-5
7		450-550	3-4
8		600-700	5-6
9	Электрошлаковая печь с предварительным подогревом шихты	200-250	7-9
10		300-400	6-7
11		450-550	5-6
12		600-700	7-8

Однако, в некоторых печах, особенно в газовых плавильных агрегатах, атмосфера печи насыщена водородом и кислородом [3]. В таких печах нагрев шихты выше указанных температур не дает ожидаемого эффекта. Для предотвращения насыщения расплава газовыми включениями, в газовых печах целесообразно применять слой защитного флюса [4]. В таблице

2 приведены составы защитного флюса, с помощью которых были проведены экспериментальные плавки в газовых печах в производственных условиях.

Таблица 2 - Состав флюса для экспериментальной плавки алюминиевых сплавов в газовой печи

№	Назначение флюса	Составляющие флюса в весовых процентах						
		NaCl	KCl	C	MgCl ₂	CaCl ₂	NaF	CaF ₂
1	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	50	30	20	-	-	-	-
2	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	50	20	20	-	10	-	-
3	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	40	20	8	-	2	30	-
4	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	50	30	10	-	-	-	10
5	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	50	45	15	-	-	-	-
6	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	40	40	18	-	-	10	-
7	В качестве защитного слоя при плавке алюминия	40	-	20	10	30	-	-

По результатам исследований в газовой печи содержание газовых и окисных включений снизилось на 18-20 %, что привело к повышению эффективности нагрева шихты перед загрузкой в плавильный агрегат в совокупности с применением защитного флюса. В таблице 3 приведены результаты исследований плавки алюминиевого сплава в газовой печи с применением защитного флюса в совокупности с нагревом шихты перед загрузкой в плавильный агрегат [5].

Таблица 3

№	Температура нагрева шихты, °С	Температура плавки, °С	Содержание окисных включений, %	Содержание газовых включений, см ³ /100 г
1	20-30	700	7-8	0,78-0,82
2	20-30	730	8-10	0,80-0,86
3	100-200	700	5-6	0,66-0,70
4	100-200	730	6-8	0,68-0,74
5	400-500	700	2-3	0,45-0,47

6	400-500	730	2-4	0,46-0,49
7	550-600	700	6-8	0,70-0,72
8	550-600	730	8-9	0,76-0,80

Образцы отливок анализировались на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) и интеллектуальном дифрактометре (Empyrean Malvern Panalytical). Результаты исследований приведены на рисунках 1 и 2.

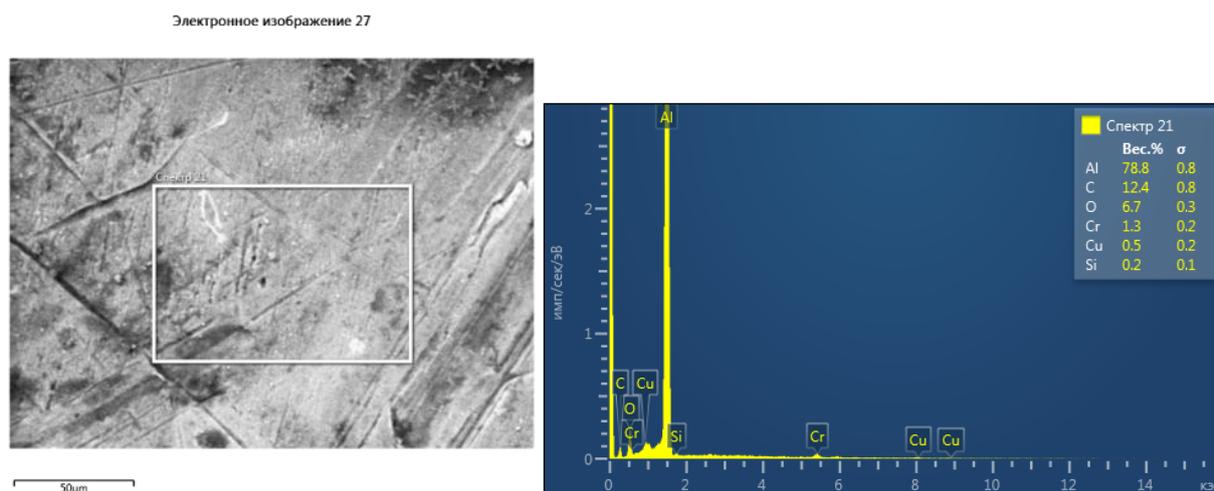


Рисунок 1,2 - Образец отливки алюминиевого сплава полученного под защитным флюсом в газовой печи после нагрева шихты

Литература

1. Grachev V.A., Turakhodjaev N.D., Influence of High-Temperature Treatment of Melt on the Composition and Structure of Aluminum Alloy//Archives of foundry Engineering DOI: 10.1515/afe-2017-0131,pp.61-66.
2. Vladimir Grachev., Nodir Turakhodjaev., Influence Of Liquid Aluminum Alloy Treatment At Temperatures Up To 2000°C In Terms Of The Alloy Structure And Gas Aluminum Oxides Content//International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 7, July 2018, pp. 489–495.
3. Nodir D.Turakhodjaev, Shirinkhon N.Turakhodjaeva, Jamaliddin S.Kamalov. The process of melting aluminum alloys to improve the quality of castings// Processing and Fabrication of Advanced Materials XXVII International Conference, Jonkoping, Sweden 27-29/05/2019 P. 351-354.
4. Concurrently improving uniform elongation and strength of ultrafine-grained Al–2Li alloy Wang Y., Zhang S., Wu R., Turakhodjaev N., Zhang J., Liu M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093
5. Microstructure and mechanical properties of ultra-lightweight Mg-Li-Al/Al-Li composite produced by accumulative roll bonding at ambient temperature Wang Y., Liao Y., Wu R., Turakhodjaev N., Chen H., Zhang J., Zhang M., Mardonakulov S. 2020 Materials Science and Engineering A 9215093.

Процесс плавки алюминиевых сплавов в электрошлаковой печи

Магистрант Носирходжаев Иброхим Содик
Научный руководитель Расулов С.А.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г.Ташкент

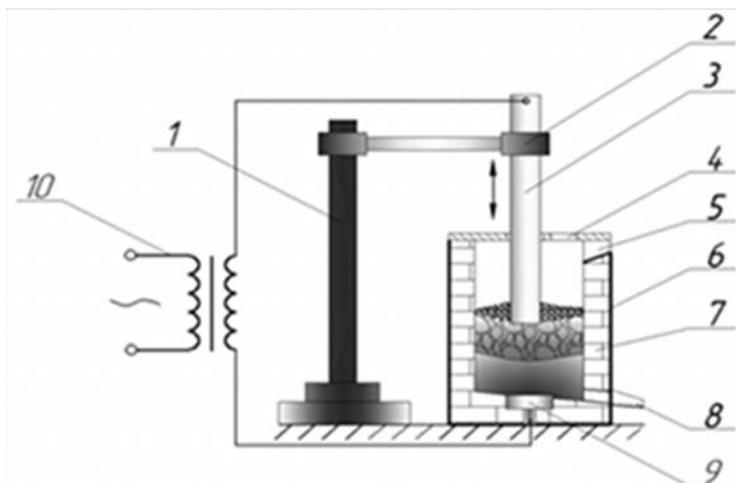
На сегодняшний день вопрос экологической безопасности производства стоит на первом месте во всем мире. Процесс плавки алюминиевых сплавов сопровождается большим количеством выделяемыми вредными газами и высокой температурой отходящих газов. В то же время сам процесс плавки влияет и на качество получаемого расплава. Взаимодействие жидкого расплава с продуктами сгорания и атмосферой печи приводит к нежелательным химическим реакциям. Взаимодействие кислорода с металлом приводит к образованию его окислов, то есть образуются соединения с иными, чем у металла свойствами. Если часть металла, образуя окислы, теряет свои свойства и угорает, основная часть расплава насыщается этими окисными включениями. В зависимости от содержания в расплаве этих включений, получаемый сплав имеет те или иные механические свойства [1]. Наряду с этим, из атмосферы печи в жидкий расплав диффундирует свободный водород, образуя газовых включений. В свою очередь газовые включения образуют газовые поры, которые отрицательно влияют на механические свойства изделий. При высоких температурах (1000-1200 °С) алюминий и его сплавы имеют склонность к образованию окисных включений, а водород при высоких температурах с изменением вязкостного и теплофизического состояния легко диффундирует в расплав [2]. Так как атмосфера печи имеет избыточное содержание кислорода, а продукты сгорания твердого и газообразного топлива содержат водород, окисление расплава и диффундирование водорода в него происходит неизбежно. Поэтому, алюминиевые сплавы, имея склонность к образованию окисных и газовых включений при температурах свыше 700 °С, требуют особое внимание при переплавке в плавильных агрегатах с высоким содержанием свободного кислорода и водорода [3].

В лабораторных условиях кафедры «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета совместно с сотрудниками Узбекско-Японского молодёжного центра инноваций были проведены экспериментальные исследования плавки алюминиевых сплавов, для определения влияний режимов плавки на потери металла вследствие угара. Плавка велась в электрошлаковой печи производительностью 25-30 кг/ч. Эксперименты проводили с применением технологии ведения плавки в две стадии: 1- в первой стадии температура рабочего пространства печи доводилась до 750-800 °С; 2 – во второй стадии производилась загрузка в печь шихты с доводкой температуры рабочего пространства до температуры 850-900 °С.

По результатам исследований, для снижения потерь металла на угар и тем самым обеспечение ресурсосбережения, при плавке алюминиевых сплавов необходимо произвести электродуговую обработку расплава в ванне печи при температуре 850-900 °С. Электрическая дуга, образующаяся при помощи графитовых электродов имеет локальный характер, то есть он эффективен только в пространстве между электродами. В остальной части расплава образуется естественная структура. Для обеспечения обработки всей массы металла, необходимо поддерживать температуру расплава за счёт дополнительных расходов теплоэнергии. При этом для снижения угара используется технология обработки металла под слоем жидкого флюса.

Для оптимизации процесса создана математическая модель разработанной технологии для определения основных параметров во взаимосвязи с показателями угара, то есть потерь металла и продуктов сгорания, уходящих в атмосферу. При этом использовали тепловой баланс работы печи, то есть закон баланса количества вносимого тепла с количеством использованного тепла.

Схема электрошлаковой печи с нерасходуемым графитовым электродом приведена на рисунке 1.



1-стояк; 2-держак электрода; 3-верхний графитовый электрод;
 4-свод печи; 5-рабочее окно; 6-кожух печи; 7-футеровка печи;
 8-сливная лётка; 9-нижний графитовый электрод;
 10-электрическое питание печи.

Рисунок 1 - Схема электрошлаковой печи с нерасходуемым графитовым электродом

По результатам литературного обзора получить необходимую температуру в электрошлаковой печи можно между одиннадцатой и двенадцатой зонами образования дуги. Однако расстояние между зонами очень маленькое, что требует научного подхода для адаптации реального горения дуги в электрошлаковой печи с целью получения стабильной температуры в зоне плавления шихты. На рисунке 2 приведены распределения температур по зонам горения дуги.

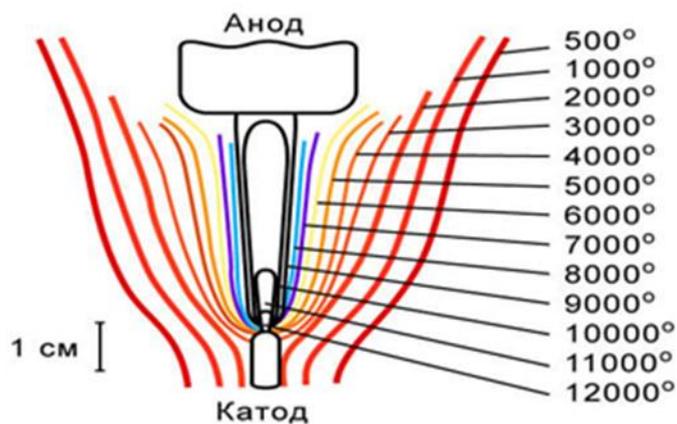


Рисунок 2 - Распределение температур по зонам горения дуги

Для разработки режима ведения плавки алюминиевых сплавов с помощью электрической дуги рассмотрим строение и свойства сварочной дуги. На рисунке 3 приведено строение электрической сварочной дуги [4].



Рисунок 3 - Строение и свойство электрической сварочной дуги

В качестве этого слоя эффективно использовать угольный кокс, который помимо токопроводящего материала, может служить источником свободного углерода. Для стабилизации дуги и расширения зоны необходимой температуры, в электрошлаковой печи с графитовым электродом рекомендуется применять кокс со средним диаметром кусков 60-70 мм.

Литература

1. Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Процесс плавки медных сплавов в электрошлаковых печах. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 85–90.
2. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Canada. Canadian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58.
3. Тураходжаев Н.Д., Абдурахманов Х.З., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э. Математическая модель теплообменного процесса в газовой печи. //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 84-89.
4. Grachev V.A., Turakhodjaev N.D., Influence of High-Temperature Treatment of Melt on the Composition and Structure of Aluminum Alloy//Archives of foundry Engineering DOI: 10.1515/afe-2017-0131,pp.61-66.

Анализ процессов структурообразования при отжиге проката

Ёркулов Сардор Илхом ўғли
Ризаева Нигора Мирвохид кизи
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г.Ташкент

В процессе отжига холоднокатаного стального листа в материале протекают три фундаментальных процесса, обусловленных термодинамической нестабильностью микроструктуры холодного проката: возврат, рекристаллизация и полиморфное фазовое превращение (аустенитизация). Кроме того, в зависимости от химического и фазового состава стали, в ходе нагрева возможно выделение и растворение вторых фаз. Указанные процессы могут происходить как последовательно, так и параллельно, конкурируя друг с другом. В результате конкуренции эволюция микроструктуры многократно усложняется.

Начнем обзор с возврата и рекристаллизации. При тех условиях отжига, которые имеют место при производстве стального листа, эти два процесса всегда развиваются параллельно, поэтому целесообразно рассматривать их совместно.

Возврат и рекристаллизация

Рекристаллизация является реакцией зарождения и роста новых зерен, очищенных от дислокационной субструктуры, которая была накоплена в материале при деформации. Соответственно, ее кинетика определяется как скоростью зарождения центров рекристаллизации, так и скоростью их последующего роста. Однако, если описание роста не представляет больших сложностей, по крайней мере, в качественном аспекте, то зарождение новых зерен является сложным, пока еще не до конца изученным явлением. Таким образом, основная проблема моделирования рекристаллизации заключается в построении адекватной модели для описания скорости зарождения.

Существует большое число полуэмпирических моделей рекристаллизации, основанных на использовании уравнения Авраами. Эти модели предсказывают практически значимые параметры: время рекристаллизации, критическую температуру (температуру, при которой начинается рекристаллизация в процессе нагрева), критическую деформацию (степень деформации, превышение которой делает возможной рекристаллизацию в ходе отжига) и конечный размер рекристаллизованного зерна. Однако им присущ один недостаток: способности предсказания кинетики рекристаллизации ограничены тем диапазоном материалов и режимов отжига, на базе которых были определены подгоночные параметры модели. Это стимулировало фундаментальные исследования, которые позволили сформулировать общие аналитические модели, основанные на представлении об образовании центров рекристаллизации в результате эволюции ячеистой и субзеренной структуры. Хотя сами по себе указанные модели непригодны для проведения количественных расчетов, но на их основе позднее были предложены эффективные упрощенные методы, которые будут рассмотрены ниже.

Инкубационное время образования потенциального зародыша. На начальной стадии отжига в ходе возврата происходит трансформация структуры, образовавшейся при холодной деформации, в субзеренную структуру.

После холодной деформации образуется структура, морфология которой определяется степенью деформации: хаотическое распределение дислокаций – ячеистая структура – фрагментированная структура (в верхнем ряду слева направо). В ходе возврата во всех случаях образуется субзеренная структура, но с разным размером субзерна δ и разным уровнем ориентировок.

На следующей стадии возврата происходит рост субзерна, который и приводит, в конечном итоге, к образованию центра рекристаллизации. Необходимое условие трансформации субзерна в центр рекристаллизации – это наличие у него большеугловой границы (БУГ) или приобретение им БУГ в ходе роста. Данное условие из-за низкой подвижности малоугловых

границ (МУГ). Если субзерно непосредственно примыкает к межзеренной границе, то оно уже с самого начала имеет с одной стороны БУГ. В этом случае работает механизм вспучивания границы (SIBM – Strain Induced Boundary Migration) и инкубационный период для образования центра рекристаллизации не требуется.

Если субзерно не примыкает к границе, то оно может приобрести БУГ в процессе своего роста. Это возможно в случае, когда его рост происходит на фоне градиента ориентации, который является вполне характерным для внутризеренной деформационной структуры. При наличии градиента разориентировка на границе субзерна по мере его роста увеличивается и в некоторый момент граница трансформируется из МУГ в БУГ. Только приобретая в течении некоторого инкубационного периода подвижную границу, субзерно может стать потенциальным центром рекристаллизации.

Градиент ориентации был наибольшим вблизи тройных стыков, а наименьшим – внутри зерна. Результаты измерения градиента суммированы в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Градиент ориентации внутри зерна, около границ и около тройных стыков после холодной прокатки с 60% обжатием

Material	%	θ/δ_B ($^\circ/\mu\text{m}$)	θ/δ_{GB} ($^\circ/\mu\text{m}$)	θ/δ_{TJ} ($^\circ/\mu\text{m}$)
Fe non-oriented	10	0.4	0.9	1.2
Fe α grains	40	0.3	0.6	1
Fe γ grains	50	0.5	1.1	>3.5

В работе были сделаны оценки инкубационных времен образования зародышей для различных областей в холоднокатаном железе. Табл. 1.2 суммирует расчетные времена, необходимые для формирования эмбрионов в различных областях.

Таблица 1.2. Расчетные инкубационные времена образования зародышей при 550°C для различных областей в холоднокатанном железе (B внутри зерна; GB – граница зерна; TJ – тройной стык)

Sample	$t^*(B)$ (s)	$t^*(GB)$ (sec)	$t^*(TJ)$ (s)
Fe non-oriented	22	5	2
Fe α fiber	32	12	4
Fe γ fiber	16	3	0

Видно, что инкубационные времена на тройных стыках крайне маленькие, и образование зародышей происходит на самом начальном этапе отжига, что согласуется с экспериментом (55% наблюдаемых зародышей через 5 секунд после начала выдержки). Кроме того, в согласии с экспериментом модель предсказывает, что в γ – волокнах по сравнению с α – волокнами образование зародышей происходит быстрее. Относительно большое инкубационное время, полученное в расчете для зарождения внутри зерна, также качественно согласуется с экспериментом, в котором зафиксировано пренебрежимо малое число зерен, зародившихся во внутреннем объеме.

Вывод. В заключении следует заметить, что количественное сопоставление времен, приведенных в табл. 1.2, с экспериментом не имеет смысла, поскольку большая часть зародышей изначально имеют подвижную большеугловую границу, непосредственно примыкая к границе исходного зерна.

Литература

1. Целиков А.И., Гришков А.И. Теория прокатки. Металлургия, 1970.
2. Выдрин В.Н. динамика прокатных станов. Свердловск: Metallurgizdat, 1960.
3. Металловедение. Сталь (составители: В. Енихе и др.), том 1. М.: Металлургия, 1995. 447 с.
4. Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтев. Материаловедения. 1990-г
5. А.П. Грудев Теория прокатки. Металлургия -1998

**Влияния смазки на качество поверхности полимерных изделий,
изготавливаемых методом литья под давлением**

Магистрант Тишкова Я.И., студентка Бурова В.Ю.
Научный руководитель Пивоварчик А.А.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
г. Гродно

Неотъемлемой частью технологии изготовления отливок из полимерных материалов методом литья под давлением является использование смазок, которые оказывают влияние на качество поверхности отливок [1, 2], а также уменьшают величину адгезии расплава к поверхности пресс-формы (литьевой форме). Смазка после нанесения на пресс-форму образует равномерную пленку, которая позволяет производить беззадирное удаление отливки после её кристаллизации, максимально сохраняя геометрию отливки и обеспечивая получение отливки без дефектов на ее поверхности, выраженных появлением задиров, пятен и помутнений. Известно, что в качестве основы смазок, для литья полимерных изделий, целесообразно использовать силиконы, вазелин технический, глицерин, карбоновые кислоты и другие материалы [1, 2]. Водоэмульсионные смазки наряду с жировыми смазками имеют ряд преимуществ: позволяют механизировать процесс нанесения смазки на поверхность пресс-формы, снижают пористость в отливках, снижают количество вредных веществ выделяющихся при деструкции продуктов смазки.

Целью настоящей работы является исследование влияния смазки на качество поверхности отливаемых методом литья под давлением полимерных изделий.

С целью установления влияния смазки, полученной на основе полиметилсилоксановой жидкости марки ПМС 100, с добавкой фуса, в количестве 30 % от объема смазки, была проведена серия экспериментов по измерению шероховатости поверхности полимерных образцов, изготовленных из полиамида стеклонаполненного ПА6-СВ30Л производства ОАО «Гродно-Азот» методом инъекционного литья на вертикальной литьевой машине. В качестве контрольного показателя был принят вертикальный параметр шероховатости (среднее арифметическое отклонение профиля) – R_a .

Процесс литья образцов для проведения исследований осуществляли при температурах по зонам материального цилиндра в пределах от 180 до 260 °С, температуре литьевой оснастки 65 °С и давлении инъекции 30 ± 5 МПа. Время инъекции с подпиткой составляло 6 с. С целью повышения достоверности полученных результатов исследований изготавливали не менее 3-х контрольных образцов, отлитых без смазки и с ее использованием.

Полимерные отливки, изготавливаемые для проведения экспериментальных исследований, имели конфигурацию образцов «Лопатка», в соответствии с требованиями ГОСТ 11262–2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» [3] для проведения прочностных испытаний (рисунок 1). Оценку влияния смазки на качество поверхности полимерных отливок проводили по принятому показателю шероховатости поверхности изделия в трех зонах, а именно вблизи литникового впуска (зона I – область изделия с максимальной температурой полимерного расплава в формообразующем гнезде), в наиболее узком сечении полимерного изделия (зона II) и в точке максимального удаления от литникового впуска в гнездо пресс-формы (зона III – область изделия с минимальной температурой полимерного расплава и плотностью полимерного материала в формообразующем гнезде) (рисунок 1). Измерение шероховатости поверхности отливок осуществляли с использованием профилометра-профилографа модели SJ 210 (Япония).

Результаты исследования влияния смазки на качество поверхности изготавливаемых методом литья под давлением полимерных отливок представлены в таблице 1.

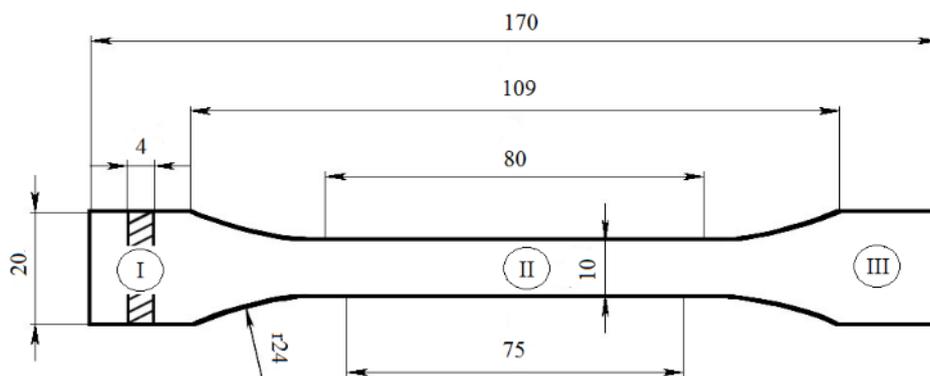


Рисунок 1 - Полимерный образец «Лопатка» и зоны проведения замеров шероховатости поверхности отливки

Таблица 1 – Результаты исследования влияния смазки на качество поверхности изготавливаемых методом литья под давлением полимерных отливок

Испытуемый образец	Зона оценки исследуемого параметра шероховатости R_a		
	зона 1	зона 2	зона 3
Матрица пресс-формы	0,30	0,36	0,43
Полимерный образец, отлитый со смазкой	2,00	2,65	2,66
Полимерный образец, отлитый без смазки	2,44	2,92	2,92

Анализ полученных результатов показывает (таблица 1), что в процессе эксплуатации пресс-формы происходит изменение параметров шероховатости поверхности формообразующих элементов. При воздействии повышенных температур полимерного расплава и давления расплава происходит коррозионно-механическое изнашивание поверхности металлических деталей, контактирующих с расплавом, вследствие чего наблюдается уменьшение шероховатости в части гнезда вблизи литникового впуска. Шероховатость R_a в указанной области матрицы (зона 1) на более чем на 30 % ниже в сравнении с шероховатостью в зоне 3. Очевидно, что состояние формообразующей поверхности пресс-формы оказывает существенное влияние на параметры шероховатости формируемого полимерного изделия. Данные исследований шероховатости полимерных образцов указывают на такой характер влияния. В частности, полимерные образцы, полученные с применением и без применения смазки, характеризуются более высоким качеством поверхности в зоне 1 ($R_a = 2,00$ мкм и $R_a = 2,44$ мкм соответственно) в сравнении с шероховатостью в зоне 3 ($R_a = 2,62$ мкм и $R_a = 2,92$ мкм соответственно).

Следует отметить, что применение состава смазки при формовании полимерных изделий под давлением положительно сказывается на качестве поверхности отливок. Так, в зоне 1 шероховатость поверхности полимерных изделий в среднем на 20 % ниже при использовании состава смазки на основе ПМС 100 и фуса. В свою очередь повышение качества поверхности отливок в зоне 3 не столь существенно и составляет в среднем около 10 %. Снижение эффекта влияния технологической смазки объясняется возрастающими усадочными явлениями в областях гнезд пресс-формы с недостаточной подпиткой полимерным расплавом.

Основной причиной повышения качества поверхности формуемых полимерных изделий по технологии литья под давлением с применением смазки является «сглаживание» профиля принимающей расплав поверхности пресс-формы за счет принудительного заполнения смазочными компонентами микронеровностей (микровыступов и микровпадин) на поверхности матрицы пресс-формы под действием давления расплава.

Список литературы

1. Михальцов, А.М. Перспективные материалы, используемые при разработке составов смазок для литья под давлением / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик, А.А. Скаскевич // *Литье и металлургия*. – 2019. – № 3. – С. 70–73.
2. Пивоварчик, А.А. Разработка состава смазки для литья под давлением алюминиевых сплавов / А.А. Пивоварчик, А.М. Михальцов, Я.И. Тишкова // *Литейное производство*. – 2020. – № 8. – С. 13–16.
3. ГОСТ 11262–2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Взамен ГОСТ 11262–80; введ. РБ 01.09.19. – Минск : Госстандарт, 2019. – 19 с.

Исследование коррозионной активности смазки для литья под давлением полимерных изделий

Магистрант Тишкова Я.И., студент гр. ТЛ-201 Медведева Н.В.
Научный руководитель Пивоварчик А.А.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
г. Гродно

При литье под давлением полимерных изделий технологией предусмотрено использование смазок, которые способствуют беззадирному извлечению отливок из полости пресс-формы. Известно [1–4], что смазки также оказывают влияние на коррозионные процессы, протекающие на элементах пресс-формы (толкателях, втулках, плитах и подплитах и др.).

Целью настоящей работы является исследование влияния водоземulsionной смазки на коррозию элементов пресс-формы.

Для проведения исследований был подготовлен состав в виде эмульсии в объеме 300 мл. Коррозионные испытания технологической смазки проводили на металлических образцах из сталей 45 и 40Х в виде пластин, поверхность которых предварительно подвергалась обработке шлифованием для создания равномерного профиля поверхности перед испытанием. Образцы не подвергали пассивации для сохранения их реакционной способности. Образцы для испытаний подготовлены согласно ГОСТ 6243–75 «Эмульсолы и пасты. Метод определения внешнего вида. Определение коррозионной агрессивности эмульсии. Определение стабильности эмульсола. Определение стабильности эмульсола при низких температурах. Определение стабильности при хранении. Определение влияния жёсткой воды на качество эмульсолов» [5]. Выбор материалов обусловлен наибольшей их востребованностью при изготовлении пресс-форм для производства полимерных изделий.

Образцы эмульсии наносили на поверхность подготовленных образцов в объеме одной капли. Для получения статистических данных на образцы наносили по 3 капли исследуемого состава технологической смазки. Полученные образцы выдерживали при комнатной температуре 20 °С, соответствующей условиям хранения пресс-формы, и при повышенной температуре (100 °С), имитирующей условия эксплуатации при производстве полимерных изделий. Время выдержки образцов при испытании при температуре 20 °С составило 500 часов, а при тепловом воздействии при температуре 100 °С – 24 часа.

Оценку влияния компонентов технологической смазки на стальную поверхность проводили, исследуя морфологию пятен контакта и показатели шероховатости стальных подложек. Визуальный осмотр исследуемых образцов показал, что после 24 часов контакта разрабатанной эмульсии при 20 °С наблюдаются небольшие следы коррозионного поражения.

В процессе взаимодействия компонентов, входящих в состав эмульсии с металлической поверхностью образцов стали при температуре окружающей среды 20 °С и относительной влажности воздуха 70 % наблюдаются очаги коррозионного повреждения на пятнах контакта. Причем при использовании образца из стали 45 следы повреждения поверхности присутствуют на всех пятнах контакта (рисунок 1, а), в то время как на образце из стали 40 Х в одном случае следы повреждения малозаметны (рисунок 1, б). Увеличение температуры испытания до 100 °С при исследовании коррозионной активности эмульсии, очевидно, привело к испарению воды из смазочного слоя на поверхности образца. Жировые компоненты эмульсии, по видимому, не оказали какого-либо воздействия на испытываемые образцы сталей (рисунок 1 в, г), а наоборот, покрывая смазочной пленкой поверхность образца, препятствовали доступу кислорода к металлической основе образца, и тем самым замедляли процесс коррозии.

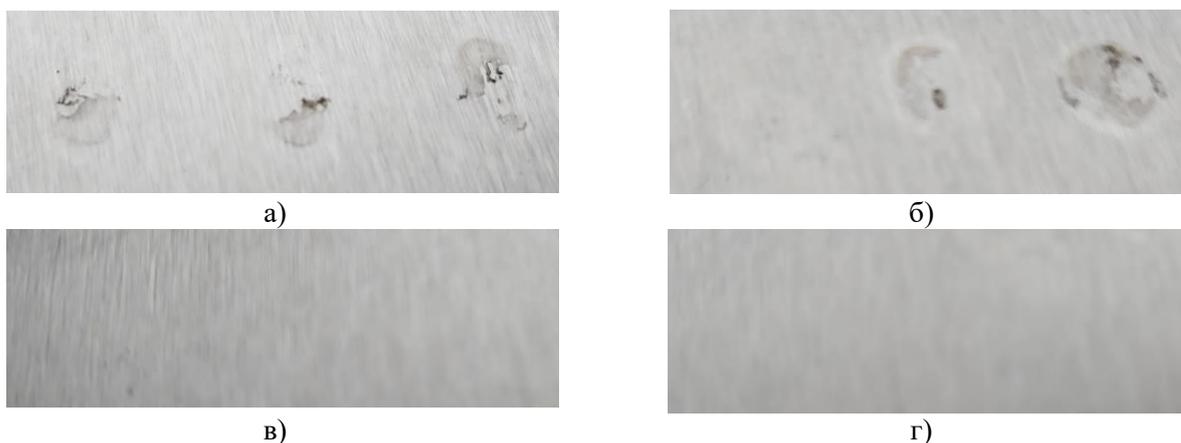


Рисунок 1 – Фотографии образцов стали 45 (а, в) и стали 40Х (б, г) с пятнами коррозионного повреждения при контакте с эмульсией после 500 ч выдержки при температуре 20 °С (а, б) и после 24 часов выдержки при температуре 100 °С (в, г)

Детальный анализ очагов коррозионного повреждения стальных подложек на пятнах контакта смазочного состава провели на металлографическом микроскопе при 40-кратном оптическом увеличении. Очевидно, в результате длительного контакта эмульсии, в исходном состоянии содержащей 65 мас.% воды, протекают коррозионные процессы на поверхности стальной подложки. Коррозионные повреждения зафиксированы на стальных образцах из стали 45 и стали 40 Х. Исследуемый состав технологической смазки при быстрой потере водной основы вследствие нагрева подложек (100 °С) не проявляет коррозионной активности. Следует также отметить тот факт, что жировые компоненты смазки при этом стабильны, т. е. смазочный слой не разрушается, и сохраняют свои смазочные и консервационные свойства после 24 часов испытания, при температуре 100 °С.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что смазка оказывает влияние на коррозионные процессы, протекающие на поверхности элементов пресс-формы. При этом на поверхности исследуемых образцов появляются пятна, свидетельствующие о появлении продуктов коррозии.

Литература

1. Михальцов, А.М. Перспективные материалы, используемые при разработке составов смазок для литья под давлением / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик, А.А. Скаскевич // *Литье и металлургия*. – 2019. – № 3. – С. 70–73.
2. Пивоварчик, А.А. Разработка состава смазки для литья под давлением алюминиевых сплавов / А.А. Пивоварчик, А.М. Михальцов, Я.И. Тишкова // *Литейное производство*. – 2020. – № 8. – С. 13–16.
3. Калинин, Э. Л. Эффективное литье под давлением полимерных материалов со смазками / Э. Л. Калинин, М. Б. Саковцева // *Полимерные материалы*. – 2014. – № 7. – С. 14–26.
4. Михальцов, А.М. Исследование триботехнических характеристик материалов, используемых при разработке составов смазок для литья под давлением алюминиевых сплавов и полимерных изделий / А.М. Михальцов, А.А. Скаскевич, Я. И. Тишкова // *Литье и металлургия*. – 2020. – № 1. – С. 110–115.
5. Эмульсолы и пасты. Метод определения внешнего вида. Определение коррозионной агрессивности эмульсии. Определение стабильности эмульсола. Определение стабильности эмульсола при низких температурах. Определение стабильности при хранении. Определение влияния жёсткой воды на качество эмульсол: ГОСТ 6243–75. – Введ. 07.08.1975. – М.: – Государственный Комитет СССР по стандартам, 1976. – С. 254–267.

Влияние легирующих элементов на отпуск стали

Рахимов С.Н.

Алимбабаева З.Л.

Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Влияние легирующих элементов на отпуск стали выражается количественно и качественно. Влияние легирующих элементов – уменьшение скорости превращений и повышение температуры превращений. Это наиболее заметно проявляется при введении хрома, ванадия, титана, вольфрама, молибдена, кремния. Температурные интервалы всех видов отпуска легированных сталей на 100–150 °С выше по сравнению с углеродистыми. Влияние легирующих элементов – карбидные превращения и влияние вторичной твердости.

Легирование, изменяя скорости и температуру превращений, а также тепловые свойства стали, существенно влияет на режимы термической обработки. Нагрев изделий производится с меньшей скоростью в связи с уменьшением теплопроводности сталей. Пониженная теплопроводность увеличивает перепад температур по сечению изделий, а следовательно, повышает и напряжения, вызывающие коробление и трещинообразование. Температура нагрева для получения аустенита при введении карбидообразующих элементов повышается. Охлаждение изделий возможно со значительно меньшей скоростью, так как процесс распада переохлажденного аустенита замедляется. Уменьшение критической скорости закалки позволяет охлаждать изделия в более мягком охладителе. Это уменьшает внутренние напряжения, коробление деталей, вероятность образования трещин. Увеличивается прокаливаемость сталей, что позволяет упрочнять закалкой крупные изделия во всем сечении.

В основу классификации легированных сталей заложены четыре принципа: равновесная структура, структура после охлаждения на воздухе, состав и назначение сталей.

Эвтектоидные стали имеют перлитную структуру; доэвтектоидные и заэвтектоидные наряду с перлитом содержат феррит или вторичные карбиды типа Me_3C . В структуре литых ледебуритных (карбидных) сталей присутствует эвтектика (ледебурит), образованная первичными карбидами с аустенитом.

При охлаждении на спокойном воздухе образцов небольшой толщины можно выделить три основных класса сталей: *перлитный, мартенситный, аустенитный*.

Получение трех классов стали обусловлено тем, что по мере увеличения содержания легирующих элементов устойчивость аустенита в перлитной области возрастает, а температурная область мартенситного превращения понижается. Это отражено на диаграммах изотермического распада аустенита.

Стали перлитного класса характеризуются относительно малым содержанием легирующих элементов, и для них кривая скорости охлаждения на воздухе будет пересекать область перлитного распада и будут получаться структуры – перлит, сорбит, троостит.

У сталей мартенситного класса, характеризующихся большим содержанием легирующих элементов, область перлитного распада значительно сдвинута вправо – аустенит переохлаждается без распада до температур мартенситного превращения, образуется мартенсит.

Дальнейшее увеличение содержания углерода и легирующего элемента не только сдвигает область перлитного распада, но и переводит начало мартенситного превращения в область отрицательных температур, поэтому такая сталь, охлажденная на воздухе при комнатной температуре, сохранит аустенитное состояние.

Качество стали – это комплекс обеспечиваемых металлургическим процессом свойств, таких, как однородность химического состава, строения и свойств стали, ее технологичность. Эти свойства зависят от содержания газов (кислород, азот, водород) и вредных примесей.

Литература

1. Физическое металловедение: справ. Т. 1, 2, 3; под ред. У. Р. Кана и П. Хайзена. – М. : Металлургия, 1987.
2. Металловедение и термическая обработка стали: справ. Т. 1, 2, 3; под ред. М. Л. Бернштейна и Рахштадта. – М. : Металлургия, 1983.
3. Термическая обработка в машиностроении: справ.; под ред. Ю. М. Лахтина и Рахштадта. – М. : Машиностроение, 1980. – 783 с.

Математическая модель для расчёта теплообменных процессов

Студент Турахужаева А.Н.

Научный руководитель Турахужаева Ш.Н.

Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г.Ташкент

При разработке математической модели для расчёта теплообменного процесса учитывалось, что процесс плавления и перегрева металла является квазистационарным, то есть в установившемся режиме: расход металла равен приходу, уровень расплава в ванне печи постоянен. Это позволило использовать при построении модели метод теплового баланса [1]. При высокой теплопроводности расплава, которая характерна для большинства сплавов, температура расплава в ванне печи будет близка к температуре плавления сплава [2]:

$$T_M'' \approx T_{пл} \quad (1)$$

Расчётная схема теплообмена в разработанной печи характеризуется следующими показателями:

G – производительность, кг/с;

M_1 – масса металла в ванне печи, кг;

M_3 – масса металла в шахте, кг;

V – объём шахты, м³;

F – площадь поверхности шихтовых материалов в шахте, м²;

$F_{уд}$ – удельная поверхность шихты, м²/кг;

M – масса металла в камере перегрева, кг;

$M_{пл}$ – масса жидкого металла в камере плавления, кг; M_T – масса твёрдого металла в камере плавления, кг.

Теплообменные процессы зависят от тепловой подготовки шихтовых материалов к плавлению, от чего зависят технико-экономические показатели работы плавильной печи [3].

Для плавильной печи значение критерия Био равно:

$$Bi = \frac{\alpha_{л+к}}{\lambda_{ж}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{л+к}$ – суммарный коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

$\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности жидкого алюминия, Вт/(м²·К).

Расчёт теплопередачи конвекцией в ванной части печи от продуктов сгорания к металлу производится по формуле:

$$Q_k = \alpha_k (T_G - T_M) F_M \quad (3)$$

Коэффициент теплопередачи конвекцией печи α_k определяется из соотношений:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (4)$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda}{d} \quad (5)$$

где Nu – критерий Нуссельта;

Re – критерий Рейнольдса;

ω_k – скорость потока, м/с;

d – диаметр, м;

ν - кинематическая вязкость, м²/с;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

На первом этапе система трёхфазная: корка твёрдого металла - твёрдая шихта - жидкий расплав. Описание этого этапа имеет вид:

$$\frac{\partial T_i'}{d\tau} = \frac{ai}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} (x^2 \frac{\partial T_i'}{\partial x}) \quad (6)$$

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

$$T_1'(\tau, l) = T_2'(\tau, l); \quad \lambda_1' \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, l) = \lambda_2 \frac{\partial T_2'}{\partial x}(\tau, l); \quad \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, 0) = 0; \quad (7)$$

$$l\rho_2 \frac{\partial x}{\partial \tau} = \lambda_2' \frac{\partial T_2^1}{\partial x}(\tau, x) - q_S; \quad (8)$$

$$q_S = \alpha(T_M' - T_k); \quad T_2(\tau, x) = T_k; \quad (9)$$

$$x(0) = l; \quad T_1(0, x) = T_u \quad (10)$$

Температура нагрева шихты регулируется в зависимости от требуемых параметров. Это позволяет предотвратить попадания в агрегат шихты с содержанием влаги и других неметаллических включений [4]. Как известно, насыщение расплавов газовыми включениями, в частности водородом происходит при перегреве расплава. В этот период (при температуре 700-730⁰С) поверхность расплава интенсивно перемешивается с нижними слоями, диффундируя в расплав неметаллические включения, наличие которых характерно для верхних слоёв расплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grachev V.A., Turakhodjaev N.D., Influence of High-Temperature Treatment of Melt on the Composition and Structure of Aluminum Alloy//Archives of foundry Engineering DOI: 10.1515/afe-2017-0131. – P.61-66.
2. Vladimir Grachev., Nodir Turakhodjaev., Influence Of Liquid Aluminum Alloy Treatment At Temperatures Up To 2000°C In Terms Of The Alloy Structure And Gas Aluminum Oxides Content//International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 7, July 2018. – P.489–495.
3. Nodir D.Turakhodjaev, Shirinkhon N.Turakjodjaeva, Jamaliddin S.Kamalov. The process of melting aluminum alloys to improve the quality of castings// Processing and Fabrication of Advanced Materials XXVII International Conference, Jonkoping, Sweden 27-29/05/2019. – P.351-354.
4. Tursunbaev Sarvar, Kuchkorova Munira, Kxasanov Otabek, Baydullayev Azamat “Features of electrochemical machining of magnetic - hard materials” EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)|ISSN (Online): 2455-3662|SJIF Impact Factor: 5.614|ICI I.F Value: 1.188 Volume 6, Issue 2. 02/2020 India.

Метод снижения газовых включений в алюминиевых сплавах

Стажер-исследователь Турахужаева Ш.Н.

Научный руководитель Саидахмедов Р.Х.

Туринский политехнический университет в Ташкенте

Республика Узбекистан, г.Ташкент

Газовые включения в алюминиевых расплавах отрицательно сказываются на качестве получаемых отливок. В совместных исследовательских работах проводились экспериментальные плавки по изучению влияния процесса плавки на количественные показатели газовых включений в расплаве [1-4]. В процессе исследовательских работ шихта перед загрузкой в плавильный агрегат подвергалась нагреву в интервале температур от 200 до 700 °С. Оценка эффективности нагрева осуществлялась по количеству окисных и газовых включений в полученном металле. Результаты исследований эффективности предварительного нагрева шихты перед загрузкой в плавильный агрегат приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение количества окисных и газовых включений в зависимости от температуры предварительного нагрева шихты

№	Температура нагрева шихты, °С	Температура перегрева расплава, °С	Содержание окисных включений, %	Содержание газовых включений, см ³ /100 г
1	20-30	700	7-8	0,78-0,82
2	20-30	730	8-10	0,80-0,86
3	100-200	700	5-6	0,66-0,70
4	100-200	730	6-8	0,68-0,74
5	400-500	700	2-3	0,45-0,47
6	400-500	730	2-4	0,46-0,49
7	550-600	700	6-8	0,70-0,72
8	550-600	730	8-9	0,76-0,80

Образцы отливок анализировались на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) и интеллектуальном дифрактометре (Empyrean Malvern Panalytical). Результаты исследований структуры образцов приведены на рисунках 1-4.

Результаты исследования показали, что наибольший эффект обеспечивает предварительный нагрев металлошихты до температур в интервале 400-500°С, при таких температурах нагрева достигался минимальный уровень как газовых, так и окисных включений в полученных отливках, причем это наблюдается независимо от температуры перегрева расплава после расплавления шихты.

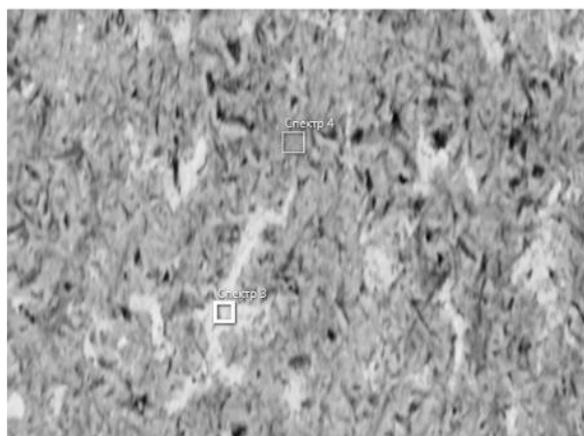


Рисунок 1 - Структура отливки из расплава, полученного без предварительного нагрева шихты

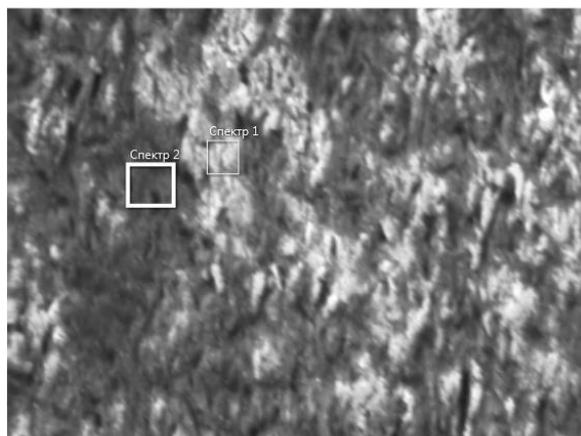


Рисунок 2 - Структура отливки из расплава, полученного после нагрева шихты до 400 °

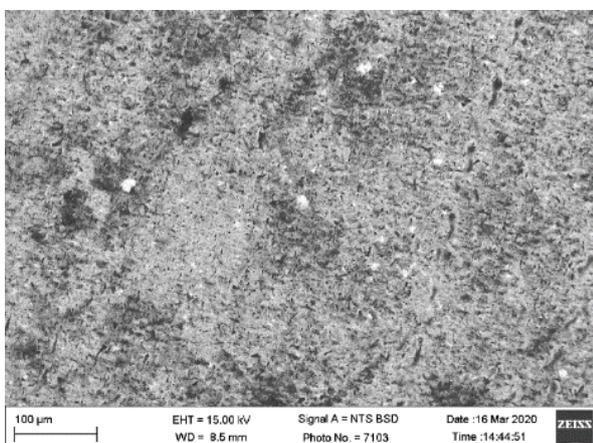


Рисунок 3 - Структура отливки из расплава, полученного после нагрева шихты до 500 °C

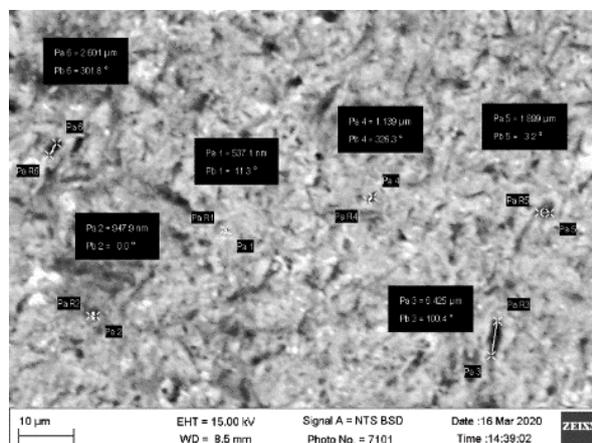


Рисунок 4 - Структура отливки из расплава, полученного после нагрева шихты до 600 °C

ЛИТЕРАТУРА

1. Grachev V.A., Turakhodjaev N.D., Influence of High-Temperature Treatment of Melt on the Composition and Structure of Aluminum Alloy//Archives of foundry Engineering DOI: 10.1515/afe-2017-0131. – P.61–66.
2. Vladimir Grachev., Nodir Turakhodjaev. Influence Of Liquid Aluminum Alloy Treatment At Temperatures Up To 2000°C In Terms Of The Alloy Structure And Gas Aluminum Oxides Content//International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 7, July 2018. – P.489–495.
3. Turakhodjaeva F.N., Turakhodjaev N.D. The process of developing a technology for extracting copper and other non-ferrous //Corporate Governance: Theory and Practice. Collection of scientific papers on 23.01.2019. – P.363–364.
4. Nodir D.Turakhodjaev, Shirinkhon N.Turakhujaeva, Jamaliddin S.Kamalov. The process of melting aluminum alloys to improve the quality of castings// Processing and Fabrication of Advanced Materials XXVII International Conference, Jonkoping, Sweden 27-29/05/2019. – P. 351–354.

Влияние Cr, Mn и Ni на образование карбидов в высокохромистых чугунах

Студенты Кучинский Д.И., Смарцелов Д.С., Ролинский Д.С.

Научный руководитель – Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Целью работы являлся анализ процессов образования карбидов и получение зависимости количества карбидов от содержания в чугуне С, Cr, Mn и Ni. Применение методов математической статистики и активного планирования эксперимента позволило получить зависимость количества карбидов от содержания в чугуне С, Cr, Mn и Ni. Минимальное количество карбидов (6,4 %) образуется при содержании в чугуне 1,1 % С, 25,6 % Cr, 5,4 % Mn и 3,0 % Ni, а максимальное (43,7 %) при 3,9 % С, 11,4 % Cr, 0,6 % Mn и 0,2 % N.

Материал и методики исследований. Чугуны, содержащие 1,09...3,91 % С, 11,43...29,68 % Cr, 0,6...5,4 % Mn, 0,19...3,01 % Ni, 0,8...1,3 % Si, до 0,02 % S и 0,03 % P, выплавляли в индукционной печи с основной футеровкой. В сухие песчано-глинистые формы отливали образцы диаметром 30мм, длиной 400 мм и технологические пробы высотой 50 мм. Образцы изучались в литом и термически обработанном состоянии (отжиг при 690 °С в течении 9 часов и нормализация от 1050 °С при выдержке 4,5 часа) Анализ структуры выполняли на оптических микроскопах Sigeta MM-700 МИМ-8 и микроскопе РЕМ 106И. Для построения математической модели влияния С, Cr, Mn и Ni на количество карбидов использовали метод активного планирования эксперимента с матрицей планирования дробного факторного эксперимента 24-1.

Анализ полученных результатов. Количество карбидов в исследуемых чугунах изменялось от 6 до 35 % (рис. 1).

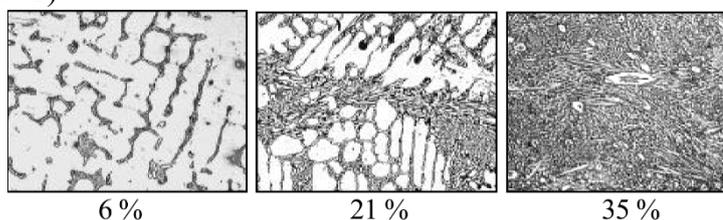


Рисунок 1 - Структура чугуна с различным количеством карбидной фазы, $\times 150$

Углерод связывает от 6 до 16 % хрома в зависимости от образующихся карбидов [3]. Никель и марганец способствуют образованию аустенита и оказывают влияние на растворимость углерода в металлической основе. Марганец увеличивает, а никель снижает содержание углерода в аустените. В работе Н. Г. Гиршовича [7] было определено влияние основных легирующих элементов на положение критических точек в системе Fe-C. Полученные зависимости содержания углерода в эвтектике (Cc'), углерода в насыщенном аустените (CE'), углерода в эвтектоиде (Cs') и эвтектоидной температуры ($s't$) от количества Si, Mn, Ni, Cr, S и P имеют вид: Cc' (в %) = $4,3 - 0,3(Si + P) - 0,4S + 0,03Mn - 0,07Ni - 0,05Cr$ (1) CE' (в %) = $2,03 - 0,11Si - 0,3P + 0,04(Mn - 1,7S) - 0,09Ni - 0,07Cr$ (2) Cs' (в %) = $0,80 - 0,11Si - 0,05(Ni + Cr + Mn - 1,7S)$ (3) $s't$ (в °С) = $723 + 25Si + 200P + 8Cr - 30Ni - 35(Mn - 1,7S) - 10Cu$ (4) Используя уравнение (1), можно определить максимальное содержание углерода в сплаве, при котором не образуются крупные заэвтектические карбиды. Разность уравнений (2) и (3) позволяет определить количество вторичных карбидов после нормализации или гомогенизирующего отжига.

При проведении неполной закалки чугунов количество углерода, растворенного в аустените, приблизительно соответствует эвтектоидной концентрации Cs' . Анализ уравнения (3) показал, что при большом содержании Cr, Mn и Ni получаются отрицательные значения, что не позволяет использовать это уравнение для оценки количества связанного углерода. Углерод в сплаве (C_0) можно разделить на две части: углерод, связанный в карбиды (C_k), и углерод, находящийся в твердом растворе (C_p), который равен Cs' . Уравнение (4) позволяет определить температуру высокого отпуска или отжига, исключая выделение вторичных карбидов. Увеличение скорости охлаждения препятствует образованию крупных карбидов. Структура чугуна в технологической пробе (рис. 2а) имела мелкодисперсные первичные карбиды, а в образце присутствовали крупные заэвтектические карбиды (рис. 2б).

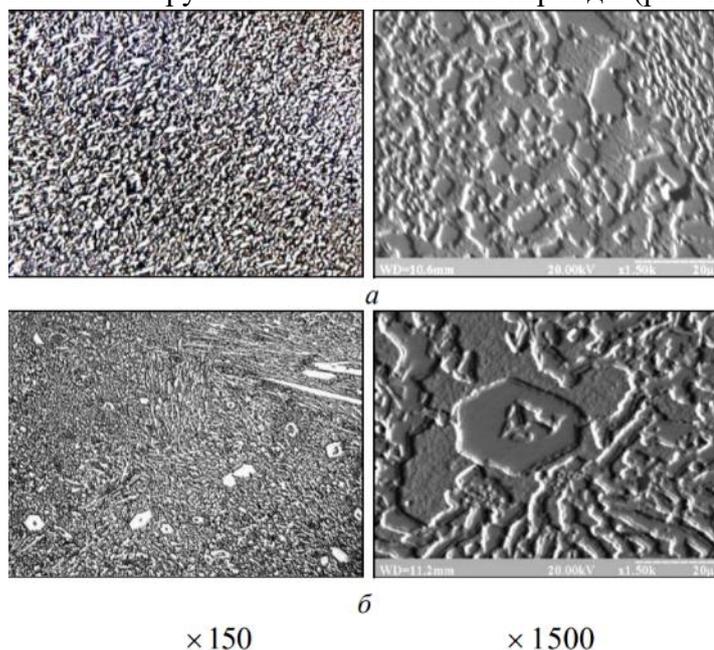


Рисунок 2 - Структура чугуна 300X28H2 с различной скоростью охлаждения: а – первичные мелкодисперсные карбиды; б – крупные заэвтектические карбиды

Максимальное количество карбидов образуется при максимальном содержании углерода и минимальных количествах хрома, марганца и никеля. Структура чугуна состояла из феррита, практически не содержащего углерода и цементита, легированного хромом. Увеличение содержания в чугуне Cr, Mn и Ni вызывает образование аустенита, растворяющего углерод и снижающего количество карбидов, при этом образуются карбиды Me_7C_3 , в которых углерод связывает минимальное количество атомов карбидообразующих элементов. Влияние C, Cr, Mn и Ni на количество карбидов при различных уровнях плана эксперимента представлены на рисунках 3–5. При всех соотношениях легирующих элементов увеличение содержания углерода увеличивало количество карбидов. При этом интенсивность увеличения карбидов зависела от влияния легирующих элементов на растворимость углерода в металлической основе.

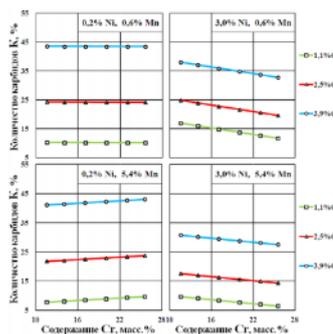


Рисунок 3 - Влияние Cr на количество карбидов в чугунах при различных уровнях C, Mn и Ni

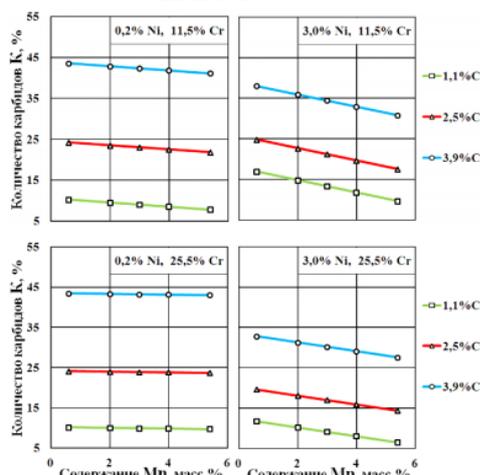


Рисунок 4 - Влияние Mn на количество карбидов в чугунах при различных уровнях C, Cr и Ni

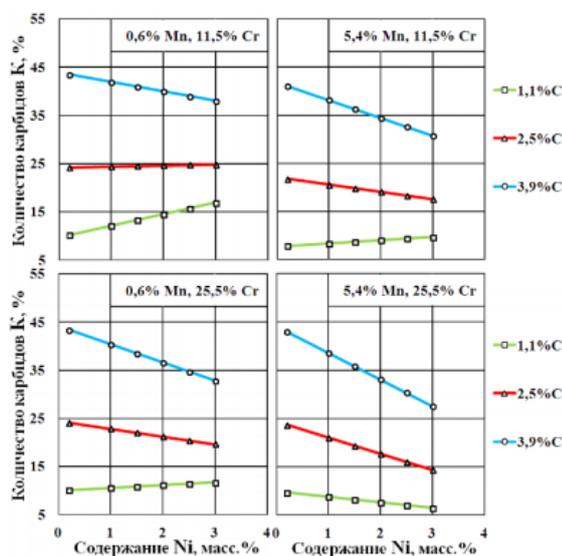


Рисунок 5 - Влияние Ni на количество карбидов в чугунах при различных уровнях C, Cr и Mn

Увеличение содержания хрома в чугунах при 3 % Ni способствовало образованию аустенита и уменьшало количество карбидов. При этом карбидная фаза состояла из высокохромистых карбидов Me_7C_3 и $Me_{23}C_6$. Увеличение содержания хрома в чугунах с минимальным количеством никеля при 0,6 % Mn не влияло на количество карбидов, а при 5,4 % Mn увеличивало. Такое влияние хрома связано с тем, что при 5,4 % Mn в аустените увеличилась растворимость углерода (C_p), что уменьшило часть углерода, образующего карбиды (C_k). Снижение C_k увеличило соотношение Cr/C и вызвало образование карбидов $Me_{23}C_6$, связывающих большое количество карбидообразующих атомов. Увеличение содержания марганца в чугунах снижало количество карбидов. При этом увеличение содержания хрома в чугунах уменьшало интенсивность влияния марганца, что связано с ферритообразующими свойствами хрома. При 25,5 % Cr и 0,2 % Ni увеличение марганца в чугунах практически не уменьшало количество карбидов.

Выводы 1. Увеличение до 25,5 % Cr в чугунах, содержащем 3,9 % C, при минимальных концентрациях Mn и Ni практически не изменяет количество карбидов, а вызывает появление крупных заэвтектических карбидов Me_7C_3 . 2. Нормализация высокохромистых чугунов, легированных Mn и Ni, вызывает образование большого количества мелкодисперсных карбидов,

что может ухудшить износостойкие свойства. 3. Для высокохромистых чугунов, легированных Mn и Ni, целесообразно проведение термической обработки, исключаяющей $\alpha - \gamma$ превращения.

Машины и технология литейного производства

Применение ультрадисперсных материалов в качестве модификаторов для быстрорежущих сталей.

Магистрант Несон З.А.
Студенты Шаршнева Д.В., Дудинская Ю. В.
Научный руководитель Рудницкий Ф.И.
Белорусский национальный технический университет,
г.Минск

Под модифицированием, в широком смысле, понимают любое воздействие на кристаллизующийся расплав, приводящее к изменению условий кристаллизации и, следовательно, конечной структуры сплава. К таким воздействиям можно отнести: введение малых добавок химических элементов (соединений), влияющих на процесс кристаллизации; воздействие на расплав ультразвуком или вибрацией; ускоренное охлаждение расплава; воздействие на кристаллизующийся расплав постоянного и переменного магнитного поля; пропускание через расплав электрического тока (постоянного, переменного, импульсного) и др. Однако, чаще всего, несмотря на большое разнообразие методов воздействия на расплав, под модифицированием понимают введение в расплав особых добавок – модификаторов. Это связано с тем, что остальные методы слишком сложны в организации в производственных условиях, а потому ограничены в применении.

Модификаторами I рода, называемыми так же инокуляторами, являются вещества, введение которых в расплав приводит к образованию дисперсных частиц, пригодных для гетерогенного зародышеобразования [1,2]. При этом уменьшается работа образования зародыша твердой фазы и, следовательно, процесс становится энергетически более выгодным, чем в случае гомогенного зародышеобразования. Интервал метастабильности сплава уменьшается, число устойчивых, способных к росту зародышей твердой фазы, формирующихся в объеме расплава в единицу времени увеличивается, ускоряется процесс кристаллизации. В результате измельчается первичная структура сплава.

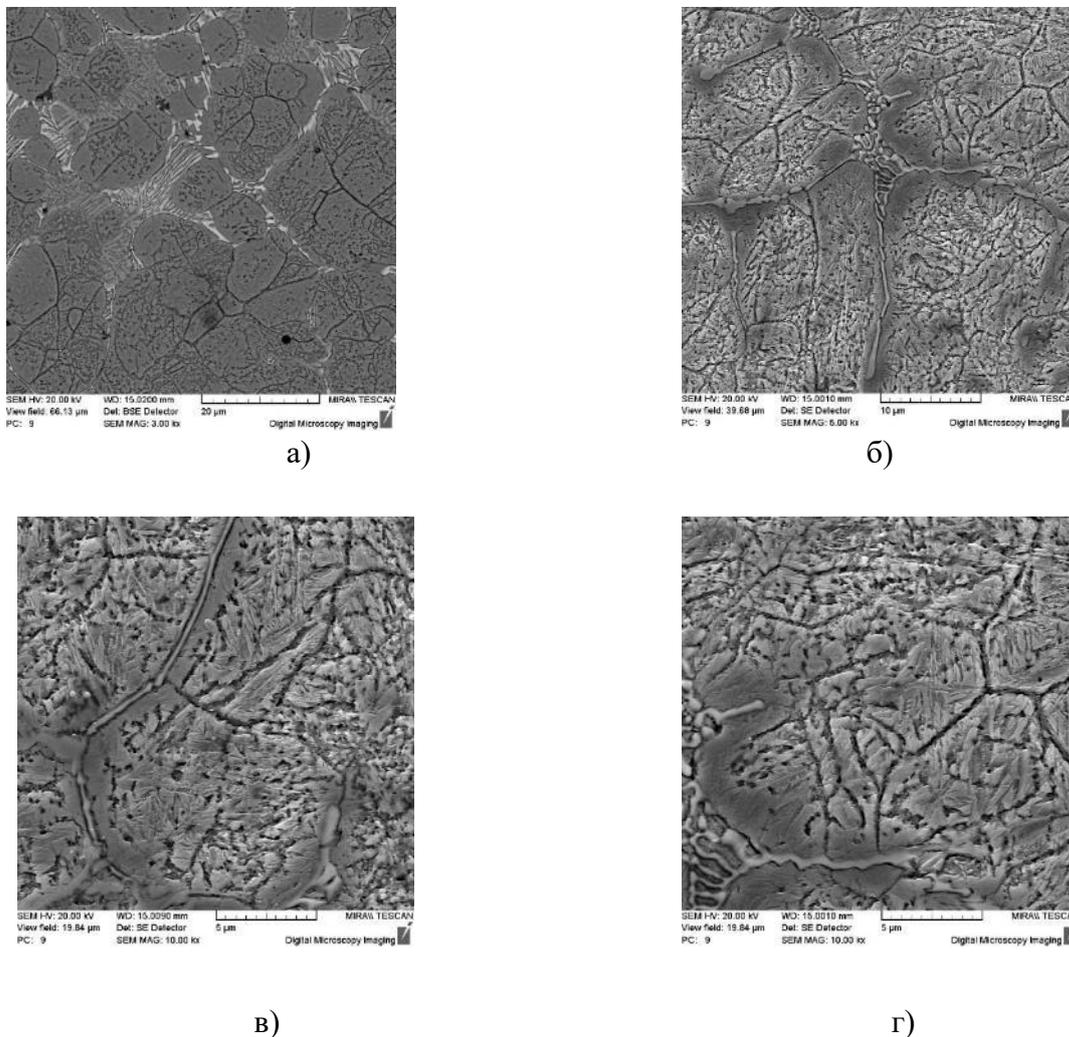
Модификаторами II рода называют примеси, неограниченно (или практически неограниченно) растворимые в жидкой фазе и малорастворимые (до 0,01-0,1 %) в твердой фазе. При затвердевании сплава такие примеси чаще всего вытесняются на поверхность растущих кристаллов. При этом возможны два случая дальнейшего воздействия модификатора на процесс кристаллизации. В первом случае, модификатор не изменяет поверхностные свойства расплава и кристаллизующейся фазы, влияние его сводится к концентрационному торможению роста кристаллита из-за скопления атомов примеси у его границы с жидкостью и затрудненной диффузии атомов из жидкости к поверхности кристаллита. Во втором случае, примесь изменяет поверхностное натяжение (уменьшает его) на границе расплав–кристаллит и, избирательно адсорбируясь на поверхности растущего кристаллита, прекращает его рост. Уменьшение поверхностного натяжения, как известно, приводит к уменьшению критического размера зародыша. В результате большее число зародышей, возникающих в расплаве, становятся способными к устойчивому росту и структура сплава измельчается.

В качестве модифицирующей добавки, обеспечивающей комплексное воздействие на формирование структуры быстрорежущей стали выбран наноструктурированный диборид титана: бор, входя в состав эвтектики, повышает износостойкость, титан, являясь инокулирующим элементом – измельчает первичное зерно и увеличивает ударную вязкость.

Комплексный модификатор помещали в специально предусмотренную реакционную камеру, форму и размеры которой в литниковой системе рассчитывали с учетом отливки.

Микроструктуры образцов немодифицированной стали Р6М5 базового состава приведены на рисунке 1. Для структуры стали характерно наличие непрерывной сетки ледебуритной эвтектики по границам первичных зерен. По морфологическому строению эвтектика преиму-

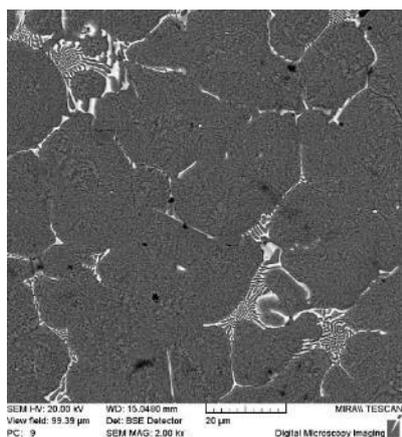
щественно веерообразная или пластинчатая на базе карбидов M_2C и M_6C , в некоторых участках присутствуют карбиды MC в виде тонких сплошных пластин. По описанию структура образцов, полученных в данном эксперименте полностью соответствует структуре стали данного состава (0,8-0,88 % C, 3,8-4,3 % Cr; 5,5-6,5 % W; 4,5-5,5 % Mo; 1,87-2,1 % V), кристаллизующейся в условиях скоростей охлаждения 1-2 °C/с на стадии затвердевания, обеспечиваемых теплоаккумулирующей способностью формы из химически твердеющих смесей.



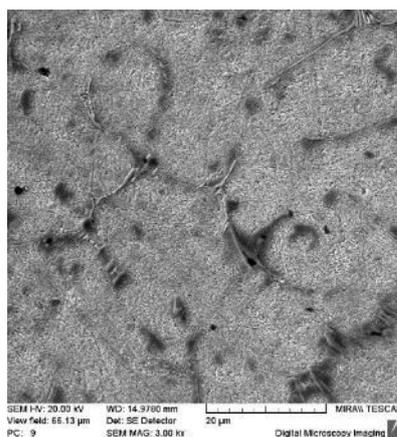
а - х 250, б - х 500, в,г – х 1000

Рисунок 1 - Микроструктура образцов немодифицированной стали Р6М5, залитых в форму из химически твердеющей смеси.

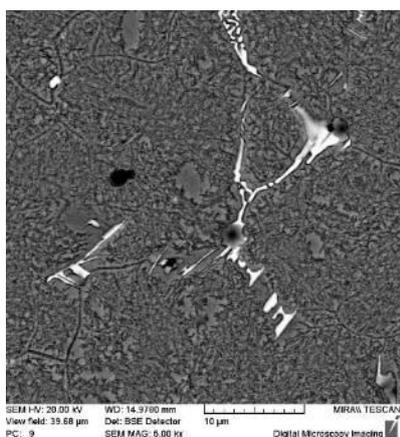
Микроструктуры образцов стали аналогичного состава (рисунок 2), модифицированной наноструктурированным диборидом титана свидетельствуют об изменении условий кристаллизации под воздействием модификаторов и формировании иного распределения структурных составляющих. В частности сетка эвтектики разрывается, ледебурит локализуется в отдельных участках. Появляются колонии эвтектики скелетообразного морфологического типа, характерные для стали Р18 или борсодержащей стали. В центре первичных зерен фиксируются карбиды типа MC (VC , TiC). Сами первичные зерна более мелкие, преимущественно округлой формы. Изменение характера распределения структурных составляющих, а именно появление карбоборидной эвтектики по границам первичных зерен и карбидов на базе титана внутри них свидетельствует о том, что внутриформенные методы модифицирования могут быть использованы в технологических процессах получения заготовок литого режущего инструмента и технологической оснастки.



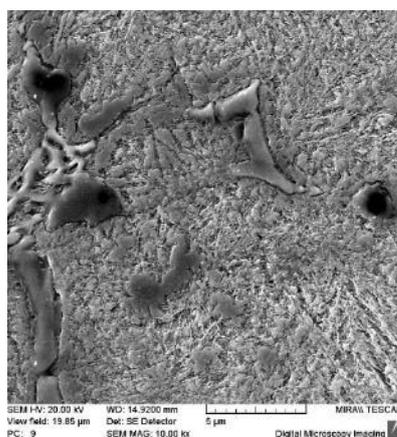
а)



б)



в)



г)

а, б – х 250; в – 500, г – х 1000

Рисунок 2 - Микроструктура образцов стали Р6М5, модифицированной наноструктурированным диборидом титана, залитых в форму из химически твердеющей смеси.

Микроструктурный анализ образцов стали Р6М5 показал, что внутриформенное модифицирование позволяет обеспечить доставку модифицирующих компонентов в расплав, обеспечить необходимое распределение структурных составляющих и, следовательно, изменение физико-механических и эксплуатационных свойств сплава.

Литература

1. Гаврилин И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов. – Владим. гос. уни-т, Владимир, 2000. 260с.
2. Чаус А.С., Рудницкий Ф.И. Влияние модифицирования на структуру и свойства литых вольфрамомолибденовых быстрорежущих сталей. – МиТОМ, 1989 г., № 2, С.27-32.

Студент Телешова Е.В.
Научный руководитель Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

К экологически и экономически значимому параметру на металлообрабатывающих предприятиях относят, такой показатель, как количество металлоотходов, образующихся в процессе производства, на единицу (тонну) выпускаемой продукции. На сегодняшний день перед металлургическими (перерабатывающими) предприятиями стоит задача по использованию максимального количества металлоотходов в собственном производстве и минимизации экологического ущерба. Оптимальным решением проблемы является разработка и внедрение в производство малоотходных технологий.

Однако экологические проблемы нельзя рассматривать в отрыве от социально-экономических вопросов – невозможно просто закрыть предприятия на которых образуются отходы. Разработка и освоение малоотходных технологий и превращение действующих предприятий в экологически чистые – процесс длительный и требующий значительных инвестиций. Это значит, что еще длительное время отходы производства и потребления будут накапливаться и негативно влиять на качество жизни общества. В связи с этим важнейшей задачей является организация переработки отходов с целью их обезвреживания и рационального использования [1].

Металлосодержащие отходы, образующиеся в процессе производства металлов и сплавов и их обработки (получения металлических изделий) составляют одну из самых значительных групп твердых промышленных отходов. Их удельное количество меняется от 150-170 кг на 1 тонну готового проката при использовании прокатных заготовок, отлитых на МНЛЗ, до 250-280 кг/т при производстве заготовок из стальных слитков на обжимных станах. При производстве отливок из чугуна и стали количество металлоотходов еще выше: при изготовлении 1 тонны стальных отливок образуется 514-547 кг металлоотходов, при производстве чугуна – 325-370 кг/т [2].

Экологическая целесообразность утилизации металлоотходов и лома многогранна. Замена первичных чушковых материалов в шихте позволяет уменьшить потребности в руде, коксе и флюсах, что уменьшает негативное воздействие на ландшафт, при добыче этих материалов, уменьшает количество отвалов и рудничных вод, а также вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Утилизация металлоотходов позволяет не накапливать их в большом количестве для хранения, что, в свою очередь, уменьшает отчуждаемые под производство территории и уменьшает их загрязнение водами поверхностного стока.

При хранении металлоотходов и лома на открытых площадках их поверхность окисляется, а часть железа растворяется в воде атмосферных осадков и теряется. Так, например, потери массы неподготовленного легковесного лома за год составляют 5,0-5,6% [1].

Условно все металлоотходы можно разделить на кусковые – металлический лом (в металлургии это обрезь и брак проката, скрап, остатки в ковшах, в литейном производстве – литниково-питающие системы, скрап и брак отливок, в машиностроении – бракованные изделия, изношенный инструмент и оснастка, вышедшие из строя машины и т.п.) и дисперсные (стружка, окалина, шламы, металлическая пыль, аспирационная пыль плавильных агрегатов, отходы производства дробы, шлаки и т.п.). И если отходы первой группы уже достаточно давно стали полноценным и даже дефицитным шихтовым материалом, то переработка дисперсных отходов до сих пор представляет серьезную, не решенную до конца проблему.

Принятыми способами подготовки стружки и мелкого скрапа к плавке являются горячее и холодное брикетирование. Однако получаемые брикеты не могут служить полноценной заменой даже кускового лома: «холодные брикеты» имеют низкую плотность и прочность и

сохраняют большую часть негативных факторов исходной стружки (масла, загрязнения, влагу, ржавчину), «горячие» брикеты имеют большую плотность и прочность, но ржавчина и неметаллические загрязнения остаются, а их стоимость достигает и даже превышает стоимость первичных чушковых материалов [3].

С переработкой оксидных и многокомпонентных отходов возникают еще большие сложности. По статистике в настоящее время перерабатывается не более 15-20% отходов такого рода. Их накопление в отвалах и на промышленных полигонах сопоставимо с образованием техногенных месторождений.

На сегодняшний день известен способ переработки отходов шлифования, заключающийся в предварительном обезвоживании отходов, их магнитной сепарации и отжиге в капсулах под слоем инертного материала. Этот способ, благодаря происходящему параллельно пиролизу, позволяет не только удалять из отходов органику, но и частично восстанавливать оксиды твердым продуктом этого пиролиза – сажей. Для того чтобы добиться требуемой степени восстановления шлам смешивают с графитом или другими материалами, которые дают необходимое количество твердого углерода. Спеченные таким образом брикеты (гранулы) после очистки от керамической оболочки (капсулы) могут переплавляться в шахтных или рудотермических печах [4].

Недостатки этого способа заключаются в необходимости предварительной подготовки материалов (обезвоживание, подсушка шлама, отделение металлического порошка), изготовления гранул и покрытия их керамической оболочкой, в невозможности получить заданный химсостав, в высокой скорости окисления полученных гранул и невозможности их непосредственного использования в плавильных печах литейных цехов. Кроме того, стоимость получаемых гранул восстановленного железа сопоставима со стоимостью доменных чугунов, при этом до 60-70 % затрат уходит на подготовку шлама и изготовление гранул.

Чтобы увеличить ценность полученного таким способом металла предлагается добавлять в шламы углеродистых сталей отходы гальванического производства, отходы шлифования вольфрамовых и молибденовых прутков. Это должно позволить получить в итоге более дорогостоящую – легированную сталь, и параллельно утилизировать отходы, образующиеся в смежных производствах.

Однако и в этом случае для того, чтобы такое производство имело необходимый уровень рентабельности и приемлемые сроки окупаемости, необходимо использовать крупнотоннажные обжиговые печи, не менее мощные установки для обезвоживания шламов, выделения металлической составляющей, смешивания и гомогенизации материалов и прочее технологическое и вспомогательное оборудование и, соответственно, перерабатывать значительные объемы исходного сырья (не менее 250-300 тысяч тонн в год). Фактически необходимо построить полноценный металлургический комбинат, аналогичный фабрикам получения железа из рудного сырья с применением Мидрекс, Корекс и других бескоксовых или внедоменных процессов [4]. Чтобы собрать такое количество однотипных отходов с нескольких сотен, а возможно и тысяч предприятий, необходимо иметь мощную (и соответственно дорогостоящую) транспортно-заготовительную сеть, которая должна обеспечить сбор, сортировку, транспортировку, хранение и подготовку к переработке исходного сырья. Учитывая, что в Беларуси весь объем образования такого рода отходов составляет не более 40-50 тысяч тонн в год, применение такой технологии в нашей стране вряд ли может быть рентабельным.

Выходом из существующей ситуации для отечественных машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий может стать процесс малотоннажного рециклинга дисперсных металлоотходов в ротационных наклоняющихся печах (РНП), разработанный белорусскими учеными БНТУ и ГГТУ им. Сухого, который позволяет перерабатывать как металлические так и оксидные отходы практически в их исходном виде, без предварительной подготовки, обеспечивая рентабельность даже при небольших объемах – до 1000-500 тонн в год, причем непосредственно на предприятиях, где эти отходы образовались, т.е. без их централизованного сбора, транспортировки и накопления [5].

Выводы. Несмотря на усилия ученых, инженеров, экологов, промышленников проблема переработки и утилизации техногенных отходов по-прежнему остается чрезвычайно острой и объемы их образования и накопления продолжают расти. Перечень продукции, которая при современном развитии науки и техники может быть безотходно получена и потреблена, является весьма ограниченным. Поэтому усилия индустриально развитых стран сегодня направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов переработки и полного обезвреживания с тем, чтобы захоранивались только отходы, не загрязняющие окружающую среду.

Литература:

1. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990. 352с.
2. Волобуев, В.Ф. Ресурсы вторичных черных металлов: справочник / В.Ф. Волобуев, Г.Ф. Попов. – М.: Metallurgia, 1996. 128 с.
3. Кукуй, Д.М. Опыт утилизации металлической стружки / Д.М. Кукуй, И.В. Емельянович, В.П. Петровский, Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // Литье и металлургия. 2009. №1. С.47-50.
4. Дигонский, С.В. Теоретические основы и технология восстановительной плавки металлов из неокискованного сырья / Дигонский, С.В. – Санкт-Петербург: Наука, 2007. 322 с.
5. Ровин, С.Л. Рециклинг металлоотходов в ротационных печах / С.Л. Ровин. – Минск: БНТУ, 2015. 382с.

Исследование металлоотходов, образующихся в литейных цехах

Студенты Мацинов С.А., Пацовский Н.В., Курач Д.И.
Научный руководитель Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В условиях дефицита качественных шихтовых материалов и постоянного увеличения их стоимости особую значимость для литейного производства представляет рециклинг собственных металлосодержащих отходов. При этом возврат в производство путем переплавки литниково-питающих систем, бракованных отливок, металлического скрапа является стандартным процессом и не требует особых усилий. Однако, когда речь заходит о дисперсных, многокомпонентных или окисленных отходах, таких как окалина, шлак, отходы дробы, пыль дробеочистки, абразивные шламы и т.п., возникают проблемы. В первую очередь это связано с отсутствием в современных чугунолитейных и сталеплавильных цехах плавильного оборудования, приспособленного для работы на дисперсной шихте и способного восстанавливать металл из оксидов и других соединений. В связи с этим практически все отходы подобного рода вывозятся и захораниваются на промышленных полигонах, и только 10-20% попадают на металлургические комбинаты, где используются в качестве добавок к рудному сырью, или находят применение в других отраслях хозяйственной деятельности. В тоже время количество подобных отходов составляет около 15-30% от объема производства отливок [1].

Для того, чтобы разработать или выбрать наиболее эффективные способы переработки образующихся отходов необходимо исследовать их структуру, состав и свойства. Одним из самых крупнотоннажных металлосодержащих отходов литейных цехов является шлак, который составляет около 60-70% от их общего количества. Так, например, в литейных цехах Минского тракторного завода ежегодно образуется примерно 25-30 тысяч тонн шлака. Образование шлаков неизбежно сопровождает любой процесс плавки металлов и сплавов, и практически всегда в шлаках содержится то или иное количество выплавляемого металла и его соединений. Наибольшее количество шлака образуется при электродуговой плавке – до 15-20% от массы жидкого металла. При этом в составе шлаков электродуговых сталеплавильных печей может содержаться до 30 % и более железа, в том числе до 12-15 % металлического – в виде корольков и скрапа. Применяемые сегодня технологии переработки шлаков включают в себя, как правило, следующие операции: первичное дробление крупной фракции; первичная магнитная сепарация; вторичное дробление отделенной немагнитной части шлака (> 80 мм); вторичная магнитная сепарация; грохочение отделенной магнитной части и сортировка полученного материала по группам. В процессе такой переработки, как правило, удается извлечь практически все относительно крупные металлические включения (от 10-30 мм и более), однако более мелкие частички металла и его оксиды остаются в шлаке. В результате представленной традиционной переработки шлака получают следующие продукты [2]:

- металлическая фракция с размерами кусков более 10-30 мм и степенью засоренности немалыми включениями не выше 10%, которая может быть использована для повторного переплава в электродуговых и индукционных печах;
- металлосодержащая фракция с размером частиц менее 10-30 мм, общим содержанием железа до 40-50% при количестве металлического железа 5-10%, которая сегодня практически не используется;
- немагнитный продукт, разделенный на фракции: 0-3 мм, 3-10 мм, 10-40 мм, 40-80 мм, который может использоваться в дорожном строительстве и при изготовлении стройматериалов.

Результаты анализа структуры и состава мелкодисперсной железосодержащей (отмагниченной) части шлака электродуговой сталеплавильной печи представлены на рис.1 и в таблице 1. Структура образца исследовалась с помощью сканирующего микроскопа «Tescan», определение элементного состава проводили на энергодисперсионном спектрометре INCA-

350. В таблице 1 приведен усредненный элементный состав отобранного материала (спектр 1), а также максимальное и минимальное значение по элементам в отдельных частицах шлака.

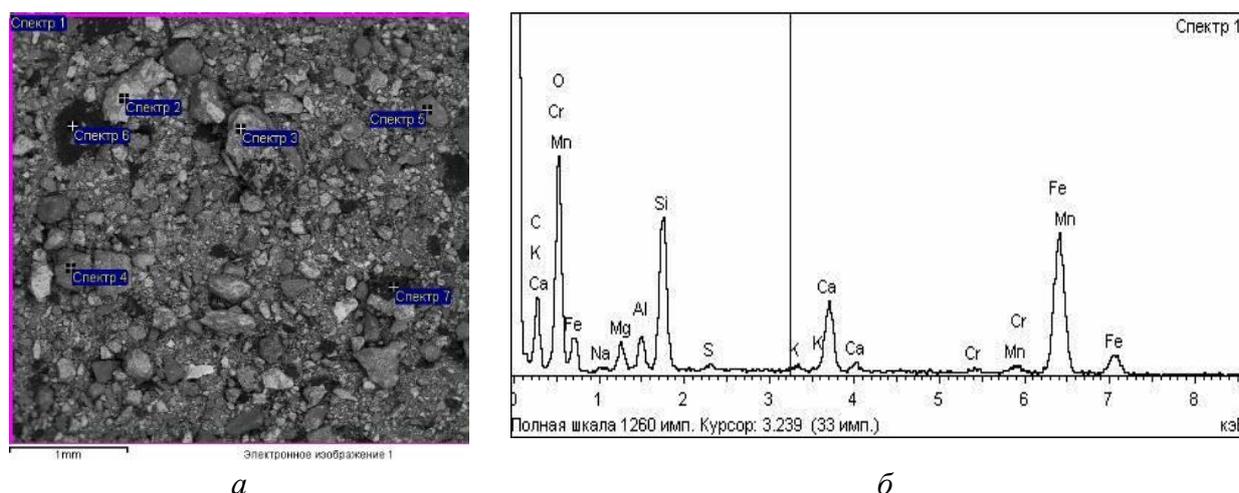


Рисунок 1 - Структура (а) и спектрограмма (б) омагниченного и измельченного шлака

Таблица 1. Элементный состав омагниченного шлака

Спектр	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Zn
Спектр 1	5.45	40.14	0.18	2.05	3.14	6.45	0.35	0.30	7.86	0.4	0.54	30.90	1.1
Макс. знач.	15.8	43.40	0.31	4.15	5.10	9.55	0.50	0.40	11.8	0.8	0.88	46.58	2.1
Мин. знач.	1.20	23.10	0.05	1.10	0.84	1.40	0.20	0.23	0.6	0.2	0.54	13.34	0.2

Фазовый анализ омагниченного шлака выполнялся с помощью дифрактометра ДРОН-3. Исследования показали, что оксиды железа составляют около 39-41% омагниченного шлака (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 и FeO), металлическое железо – не более 1,5%, кроме того железо находится в шлаке в виде сульфида (FeS) и в составе более сложных соединений: силикатов ($Fe_7(SiO_4)_6O_6$) ~5,5%, алюмосиликатов ($Ca_5Si_2(FeAl)_{18}O_{36}$) ~1,5%, ферритов и др. Значительную долю даже после омагничивания в материале составляют: диоксид кремния – до 10-12%, глинозем – 5-7%, углерод и его соединения, а также соединения кальция и магния: оксиды, сульфиды, сульфиты и силикаты (Ca_3SiO_5 и $Ca_{1,7}Mg_{0,3}SiO_4$) – суммарно до ~12-14%.

Еще одним из неперенных железосодержащих отходов литейных цехов, где изготавливаются отливки в разовых формах, является пыль дробеочистки. На Минском тракторном заводе количество такой пыли составляет около 4 тыс. тонн в год. Пыль дробеочистки отливок представляет собой высокодисперсную смесь остатков формовочной смеси и металлической пыли, образующейся в результате разрушения самой дроби и абразивно-ударного воздействия на поверхность отливок. Фазовый анализ пыли дробеочистки чугунолитейного цеха №1 ОАО «МТЗ» показал, что около 70-73 % ее массы составляет диоксид кремния (SiO_2), «металлическая» части пыли (металл и оксиды железа, в основном – Fe_2O_3 и FeO) ~ 22-23 %, доля прочих компонентов равна 5-8%, в том числе глинозема ~3-5%, сажи и угольной пыли ~1-2%. Предварительное разделение пробы пыли дробеочистки на «металлическую» и неметаллическую составляющие может быть проведено путем омагничивания. Таким образом удастся отделить около 75% «балласта», в котором содержание железа ($Fe_{общ.}$) не превышает 3%. Далее проводился анализ отмагниченной части материала, результаты исследования представлены на рис.2 и в таблице 2.

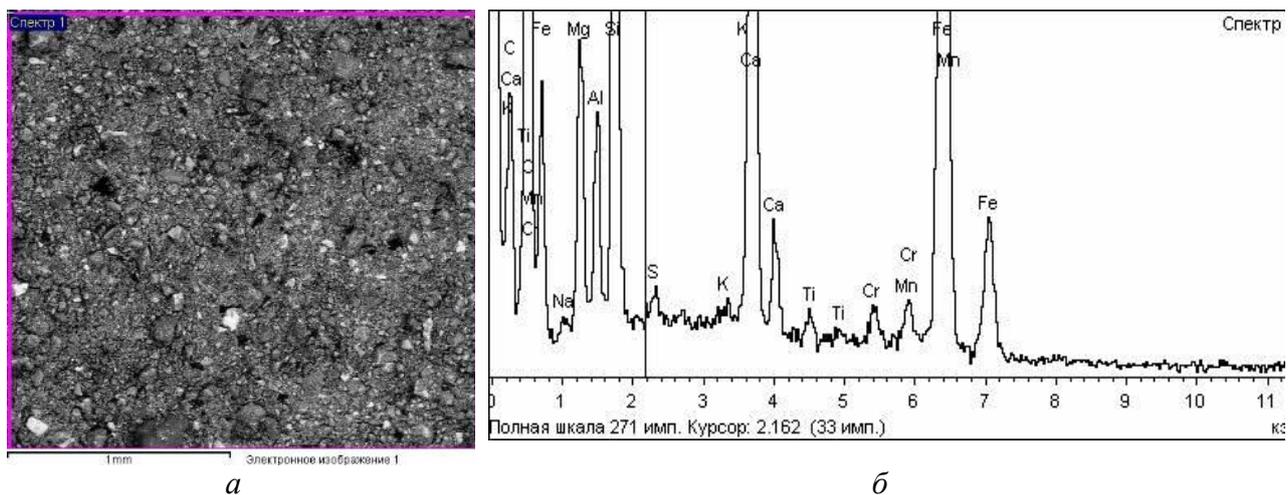


Рисунок 2 - Структура (а) и спектрограмма (б) отмагниченной части пыли дробеочистки

Таблица 2. Усредненный элементный состав отмагниченной части пыли дробеочистки

Наименование	Содержание элементов, %										
	C	O	Si	Al	Fe	Mn	S	Mg	Ca	Cr	Cu
Отмагниченная пыль дробеочистки	3,2	14,03	2,9	1.1	76,19	0,85	0,15	0,2	0,88	0,4	0,10

Одним из наиболее перспективных вариантов переработки исследованных дисперсных железосодержащих отходов является рециклинг в ротационных наклоняющихся печах (РНП). Сегодня РНП являются одним из самых эффективных агрегатов для термообработки и плавки дисперсных материалов. Постоянное перемешивание шихты во время нагрева и расплавления и ее интенсивное взаимодействие с высокоскоростным потоком газов-теплоносителей, совершающих петлеобразное циркуляционное движение, обеспечивают этим печам высокий КПД – до 50-55%, что сопоставимо с шахтными печами и в 2-4 раза превышает КПД всех других печей на стадии нагрева и расплавления. Большая горловина печи и возможность изменения наклона корпуса от -15° до $+30$ позволяют значительно сократить время загрузки РНП шихтовыми материалами, а также слива расплава и скачивания шлака. Это, в свою очередь, сокращает продолжительность полного цикла плавки и повышает фактическую производительность печи. Возможность регулирования соотношения газ/воздух и обогащения дутья кислородом позволяет управлять атмосферой в печи и осуществлять плавку как цветных, так и черных металлов [3].

Технологию рециклинга оксидных железосодержащих материалов в РНП можно условно представить, как двухстадийный процесс: I-я стадия – нагрев и твердофазное восстановление оксидов в присутствии твердого восстановителя; II-я стадия – расплавление, довосстановление металла (жидкофазное восстановление) и доводка расплава до заданного состава.

Техпроцесс плавки дисперсных металлических отходов в РНП включает в себя: высокотемпературный безокислительный нагрев, расплавление, при необходимости – науглероживание, выдержку, скачивание шлака и выдачу расплава в разливочный ковш или изложницы [4].

Наиболее рациональным вариантом переработки дисперсных металлоотходов в литейных цехах, где используются традиционные электрические плавильные печи, является организация дуплекс-процесса «РНП-ИЧТ» или «РНП-ДСП». При этом переплавка и восстановление дисперсных и оксидных металлоотходов осуществляется в РНП, а доводка полученного расплава по химическому составу – в электропечи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскобойников, В.Г. Общая металлургия / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. – М.: Металлургия, 1998. – 768 с.
2. Чумаков, С.М. Переработка сталеплавильных шлаков и использование продуктов переработки / С. М. Чумаков, В. А. Костров, В. Я. Тишков и др. // Бюл. НТИ. Чер. металлургия. – 1998. – № 9. – С. 83-86.
3. Ровин, С. Л. Конструкция ротационных наклоняющихся печей: моделирование и расчет / С.Л. Ровин // Механическое оборудование металлургических заводов – 2016. – № 1. – С.30–47.
4. Ровин, С. Л. Использование ротационных печей для рециклинга железосодержащих отходов / С. Л. Ровин // Литье и металлургия. – 2014. – № 1. – С. 56-61.

Разработка и применение биологически активных веществ в качестве связующих для формовочных смесей

Студенты Тураходжаева Ф.Н., Гиясов Ш.Б.
Научный руководитель - проф. Нарбаева Х.П.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент

На сегодняшний день одной из основных задач при производстве машиностроительных деталей методом литья в песчано-глинистые формы является разработка методов повышения свойств, в первую очередь прочностных характеристик, связующего. При этом технологические характеристики связующего должны сохраняться и отвечать необходимым требованиям по газопроницаемости, газотворности, теплопроводности и огнеупорности [1]. В процессе производства отливок неизбежно выделяется ряд вредных микро- и макроэлементов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, соответственно при разработке методов повышения прочности смеси нельзя забывать об экологических аспектах.

Исследователи Ташкентского государственного технического университета занимаются разработкой биологически активных веществ в качестве добавок к связующему при изготовлении машиностроительных деталей методом литья в песчано-глинистые формы. Эти вещества вступают в реакцию и создают кристаллы кальцита, прочно связывающие частицы смеси между собой [2].

Результаты научно-исследовательских работ, проведенных в лабораторных условиях Ташкентского государственного технического университета по применению бактерий, показали, что некоторые из них связывают песок и глину, образуя защитный клеевой слой. Смесь активизируется водой: при появлении трещин бактерии поглощают воду, образуя кальцит, который, в свою очередь, заполняет пустоты. Бактерия разрушает молекулы биологической среды, выделяя соль углекислоты, которая связывается с кальцием и образует кристаллы кальцита. Они прикрепляются к кварцевому зерну и увеличиваются в размерах и количестве, в некоторых случаях они достигают нескольких сотен микрометров в диаметре. Фермент – уреазы, который выполняет поистине глобальную роль при разложении мочевины до диоксида углерода, выделяющийся данными бактериями, ускоряет этот процесс в 10¹⁴ раз [3]. По способности ускорять реакцию гидролиза мочевины уреазой можно отнести к суперэффективным катализаторам, поскольку она снижает энергию активации реакции с 137 кДж/моль до 46 кДж/моль, что соответствует указанному ускорению. Иными словами, то количество мочевины, которое при участии уреазы разлагается за 1 минуту, в отсутствие последней будет разлагаться почти 2000 лет [4].

Эту реакцию можно рассматривать как процесс экологической минерализации органического азотистого шлака. В результате ферментативного процесса (энзиматической реакции) водорастворимый нелетучий органический субстрат – мочевина, трансформируется в летучие продукты – аммиак и диоксид углерода [5].

Для исследовательских работ применялась смесь с кислотным числом pH ~ 12: известь (оксид кальция, CaO) – 60%, диоксид кремния (SiO₂) – 20%, глинозем (Al₂O₃) – 4%, оксид железа (Fe₂O₃) – 2%, оксид магния (MgO) – 1%. В общем случае, цемент содержит 70% неорганических веществ, 20% органических веществ и 10% воды.

Для исследования в данной работе также применялся формовочный песок.

Для скрининга уреолитических бактерий, содержащих в себе большой титр уреазной активности, были использованы 14 видов бактерий. Их уреазная активность проверялась путем посева культур на агаре Кристенсена с мочевиной.

Состав (г/л): NaCl-5,0; пептон – 1,0; глюкоза – 1,0; KН₂PO₄ - 2,0; феноловый красный 0,0012; Агар – 20,0.

Среда имела рН на уровне 7,5. Затем добавлялась стерилизованная мочевины с итоговой концентрацией 4% на 100 мл. Среда разливалась в пробирки, засеивалась бактериями. Пробирки помещались в инкубатор и выдерживались при 29 °С в течение 48 часов [6]. Положительный результат оценивался визуально по изменению цвета среды, цвет изменялся от малинного до желтого. Контролем служила стерильная среда без бактерий (рисунок 1).

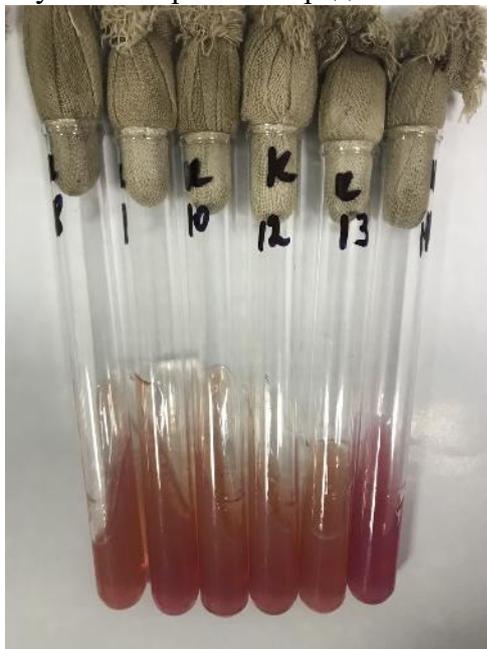


Рисунок 1 - Пробы для определения среды

Во время процесса разложения мочевины наблюдалась, что рН сред значительно увеличился – до 9,5, что и способствовало образованию более прочных связей (рисунок 2). Нужно отметить, что формовочная глина является более хорошим объектом для размножения бактерий, чем формовочный песок. В свою очередь в формовочной смеси связующие свойства формовочной глины могут увеличиваться в несколько раз при обеспечении необходимой среды для размножения бактерий. Основными показателями среды для бактерий данного типа являются температура и влажность.

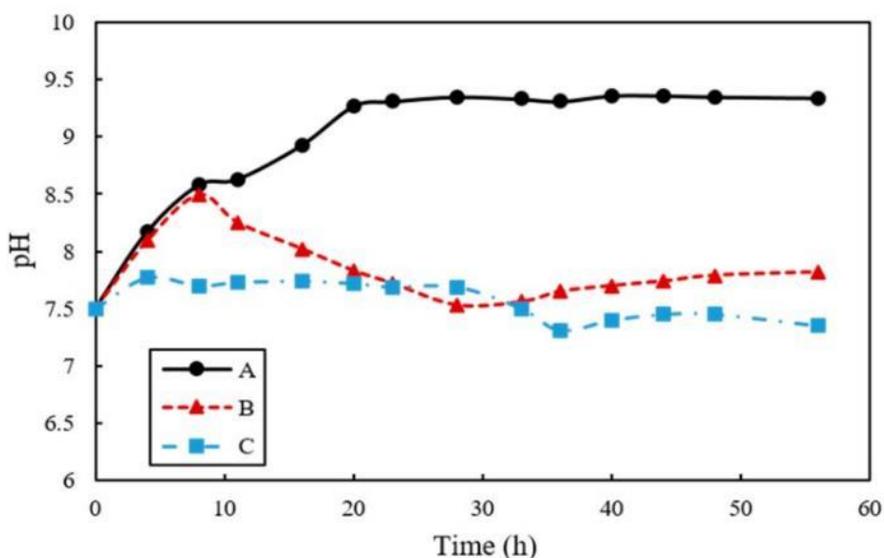


Рисунок 2 - Изменения рН в мочевино-лактатной среде со временем

Изучение способности штаммовых культур микроорганизмов выделять фермент уреазу показало, что из 14 исследованных культур 6 были способны активно разлагать мочевины и 4 культуры показали слабую активность.

Таким образом, по результатам научно-исследовательских работ, была отобрана культура под №14, обладающая высокой уреазной активностью и способностью увеличивать прочность формовочной смеси.

Литература.

1. Афанасьев В.Г. Научное управление обществом. - М., 1997. - С. 158.
2. Turakhodjaeva Fazilatkhon. Solution of Ecological Problems Using Biologically Active Additives//Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference, Vol.1, February 28, 2020, Warsaw, Poland.
3. Боголюбов С.А. Экологическое право. -М., 2007. - С. 59-64.
4. Sumner J. B. Chemistry of enzymes and methods of their research. М.: Chemistry, 1948. With. 78-109.
5. Гиззатова Г. Л.1, Шипаева Т. А. Уреаза - ключевой фермент биодegradации мочевины. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.175.
6. Turakhodjaeva F. Methods to Improve the Mechanical Properties of Biomass//Processing and Fabrication of Advanced Materials –XXVII. Jonkoping, SWEDEN, 27-29 may 2019, pp.396-403.

Получение литых деталей с помощью 3d технологий

Магистрант Нематов Бобурбек

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

Получение качественных литых деталей является одним из основных задач, стоящих перед литейным производством. В то же время современное производство должно решать проблемы экологии, в том числе снижения вредного воздействия литейных процессов на окружающую среду [1]. В том числе одна из задач, стоящих перед технологами любого литейного производства: минимизация трудоемких операций по механической обработке заготовок. Ведущие учёные мира разработали различные технологии получения литых заготовок с применением аддитивных технологий и конструкции устройств для осуществления разработанных технологий. Для снижения потерь металла в процессе литья, были разработаны ряд конструкций 3D принтеров и устройств 3D печати. Учёным Японии разработана система быстрого прототипирования с использованием фотополимеров (доктор Хидео Кодама), учёными Техасского университета и Массачусетского технологического института был разработан метод стереолитографии (Чарльз Халл, Карл Декард, Скотт Крамп). Благодаря этой технологии появилась возможность производить на 3D-принтерах объекты по цифровым проектам (изображениям), была усовершенствована технология лазерной стереолитографии из фотополимеров (SLA). Важнейшей инициативой с точки зрения демократизации 3D-печати стал запущенный доктором Адрианом Боуэром проект RepRap, идея которого – создать 3D-принтер, производящий собственные детали. В 2010 году канадский инженер Джим Кор официально представил легковой автомобиль Urbee, корпус которого полностью выполнен на 3D-принтере. Учёные из Великобритании первыми показали 3D-принтер, на котором можно было напечатать любую фигурку из шоколада или простую шоколадную плитку. Ученый Италии робототехник Энрико Дини создал принтер D-Shape, который может напечатать макет двухэтажного здания, включая комнаты, лестницы, трубы и перегородки. Он использует только песок и неорганический компаунд. Прочность полученного материала ученые сопоставляют с железобетоном. Учёные Германии разработали селективное лазерное спекание полимерных порошков (Karel Haynz, Martin Kaz). Учёными стран СНГ проведены исследования ресурсосбережению при изготовлении машиностроительных деталей методом 3D печати (Купряков Ю.П., Чахотин В.С., Приходько Ю.И.). Они усовершенствовали конструкцию 3D принтера обеспечив ускоренную подачу расходного материала [2-5].

Исследователи Узбекистана разработали технологию изготовления литых заготовок на основе полимеров методом 3D печати UZDELTA конструкции. Разработаны основы послойного нанесения жидкого расплава для снижения потерь металла (Н.Тураходжаев, Б.Тухтамуродов, А.Жуманиёзов, Б.Неъматов, Ж.Ташпулатов) [6]. В таблице 1 приведены результаты исследований по определению эффективности применения 3D печати для изготовления моделей. Следует отметить, что температура обработки в прокаточной печи влияет и на прочность формы. Так, например, при выдержке формы в прокаточной печи для выжигания в течение 1 часа, прочность песчано-глинистой формы увеличилась на 10-12 %, а при выдержке в печи в течение 2 часов, прочность формы увеличилась на 30-35 %. Это, видимо связано со спеканием формовочной смеси как с поверхностной стороны и образованием на внутренней поверхности формы облицовочной корки. Образовавшаяся внутренняя корка имеет двоякий эффект. С одной стороны, она обеспечивает гладкую поверхность, а с другой стороны при заливке формы жидким расплавом эта корка вступая в химическую реакцию, загрязняет отливку неметаллическими включениями. В таблице 2 приведены результаты исследований по изучению поверхности отливок.

Таблица 1 - Результаты исследований по определению эффективности применения

3D печати для изготовления моделей

№	Метод изготовления моделей	Исходный материал для моделей	Время изготовления моделей объемом 1000 см ³ , час	Примечание
1	Традиционный (ручное)	Гипс	8	Необходимость в изготовлении про-модели
2	Традиционное (автоматизированное)	Древесина	3	Необходимость дополнительной шлифовки
3	3D печать	ABS	2	Имеются отклонения по габаритным размерам на 1,5-2 %
4	3D печать	PLA	2	Высокое качество

Как видно из приведённых данных, для изготовления моделей эффективным является метод, основанный на 3D печати. В то же время следует отметить, что для моделей, изготавливаемых на основе 3D печати применение в качестве материала PLA является наиболее эффективным. Получаемые изделия с помощью 3D печати имеют высокие показатели, однако здесь необходимо соблюдать некоторые условия. Так например, получение литых деталей с помощью модели, изготовленной методом 3D печати должно осуществляться в определенном температурном режиме. Для определения влияния температурного режима получения литых изделий с помощью модели, полученной методом 3D печати провели экспериментальные замеры. В таблице 2 приведены результаты исследований проведенных в лабораторных условиях кафедры «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета.

Таблица 2 - Результаты исследований по изучению поверхности отливок

№	Выдержка формы в прокаточной печи, час.	Качество внутренней поверхности формы	Качество поверхности отливки	Рекомендации к применению
1	1	Удовлетворительное	Высокое	Рекомендуется
2	1,5	Удовлетворительное	Высокое	Рекомендуется
3	2	Высокое	Низкое	Не рекомендуется
4	3	Высокое	Удовлетворительное	Рекомендуется в зависимости от треб. к отливке

По результатам исследований можно сделать выводы, что температурный режим обработки формы имеет немаловажное значение при получении качественных отливок. Прямая печать изделия, которая уже внедрена на многих современных производствах, с экономической точки зрения дороже, чем традиционное литье. Поэтому 3D-печать моделей для выплавки и выжигания, а также синтез уже готовых для литья форм и стержней, вызывает особый интерес.

Литература

1. Материалы II-ой Международной конференции «Аддитивные технологии и 3D-печать: в поисках новых сфер применения» и ознакомиться с передовым опытом мировых лидеров отрасли. Москва, 2017.- С. 34-56.
2. Материалы третьей ежегодной Международной конференции по цифровому производству - выставка-конференция 3D-технологий «Тор 3D Expo» «Цифровое производство 2018». Москва, 2018. - С.17-45.

3. Тураходжаев Н.Д., Абдурахманов Х.З., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э. Математическая модель теплообменного процесса в песчанно-глинистой форме. //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2018. - С. 44-49. Тарасов А.В. Новое в металлургии меди // Цветные металлы, 2002 г. №2. С 38-45.
4. Деформациями свойства сплава CuCr25: Zhou Zhiming, Jiang Peng, Wang Yaping. М. : ВИНТИ. 2006; № 06.05-15 369.
5. Влияние титана на микроструктуру лент из сплава. CuCr,-полученных методом спиннингования из расплава. Вань И., Сонь С., Сан Ж., Чжао С., Гуо // М. : ВИНТИ, 2008. № 08.02-15И. 116.
6. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Изменение свойств композиционных сплавов в зависимости от режима плавки//Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015)» (Гомель, Белоруссия, 2015).

Современные про- блемы материаловове- дения и новые мате- риалы

Выбор марки стали и режима термической обработки с помощью компьютерной программы

Студент Муротов А.С.

Научный руководитель - М.А.Умарова

Ташкентский государственный технический университет.

г. Ташкент

Абразивный износ является самым разрушительным и поэтому ежегодно расходуется большое количество металла для изготовления запасных частей. Для изготовления таких деталей используют средне - и высокоуглеродистые стали типа 40Г, 45, 65Г, 70Г, Л53, Л65, Ст6 и др., которые термически обрабатываются на высокую твердость. Даже в этом случае нет достаточных обоснований правильности выбора материала и способа упрочнения [1].

Выбор сталей и методов упрочнения производится главным образом на основе многолетнего опыта производства и эксплуатации сельскохозяйственных и почвообрабатывающих машин. С целью повышения износостойкости делались попытки использовать высокоуглеродистые хромистые стали типа ХФ, ХГ, ШХ15, Х6Ф1, Х12Ф1 и др., однако они не получили ожидаемых результатов, т.к. не окупалась стоимость самого изделия [1].

Вышеуказанное положение усугубляется в ремонтном производстве из - за недостатка или отсутствия необходимых марок сталей. Любая замена стали или способа упрочнения должны быть обоснованы достаточно длительными эксплуатационными испытаниями. В противном случае результаты таких замен будут непредсказуемыми в части износостойкости и долговечности.

В настоящей работе сделана попытка решить одновременно две задачи:

- повысить абразивную износостойкость сталей для деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин термической обработкой с введением операций предварительной подготовки структуры по экстремальным режимам;

- установить эмпирические зависимости износостойкости сталей от параметров их структуры и на этой базе создать компьютерную программу по вычислению необходимых марок стали, способов упрочнения для обеспечения требуемого уровня износостойкости.

На основе полученных зависимостей разработать алгоритм и программу расчетов для компьютера по выбору сталей и режим термического упрочнения для достижения требуемого уровня износостойкости, т.е. проводить замену марки стали, режимов ее термического упрочнения уже с предсказуемыми результатами в части износостойкости.

Объектами исследований были образцы средне - и высокоуглеродистых сталей 45, 65Г, У8. Для получения сравнительных данных использовали образцы из стали 35, Ст5Гпс и технического железа. Техническое железо использовали в качестве эталонного материала, а Ст5Гпс как сталь, которую можно закалить на мартенсит при минимальном содержании углерода ($C = 0,28 \%$).

Предварительная термическая обработка может существенно влиять на свойства сталей после окончательной термической обработки. Поэтому термическую обработку образцов проводили по следующим режимам:

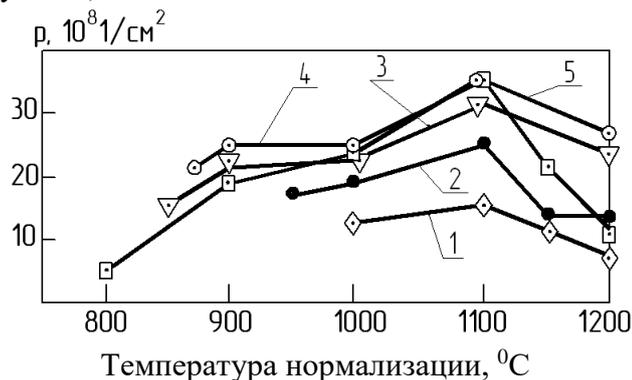
- предварительная термическая обработка заключалась в проведении нормализации с различных температур нагрева, начиная с обычно принятой для каждой марки стали ($A_{с3}$ (или $A_{с1}$) + 30 ÷ 50 °С), до 1000, 1100, 1150 и 1200 °С;

- завершающая термическая обработка заключалась в проведении повторного нагрева до температур обычно принятых для закалки каждой марки стали, закалочного охлаждения на мартенситную структуру (стали 35, 45, У8 - в воде, 65Г - в масле, Ст5Гпс в 10% растворе NaCl в воде) и последующий отпуск при 200 °С.

Завершающая термическая обработка обеспечивала примерно одинаковый размер зерна аустенита (внутри каждой марки стали), минимальное количество остаточного аустенита, но разный уровень дефектности кристаллического строения α - фазы [2].

Испытания на изнашивание проводили при трении скольжения по незакреплённому абразивному материалу на установке ПВ - 7. Все образцы до и после испытаний взвешивали на аналитических весах ВЛА-200г-М, повторяемость опытов равнялась 5. На тех же образцах определяли параметры структуры: размер зерна аустенита и плотность дислокаций.

Стали после нормализации в структуре имели некоторое отклонение от равновесного состояния, заключающееся в увеличении доли перлитной составляющей с ростом температуры нормализации. Одновременно наблюдался резкий рост аустенитного зерна при нагреве под нормализацию до температур 1000 °С выше, а плотность дислокаций менялась по экстремальной зависимости (рисунок 1).



1 – техническое железо, стали: 2 – Ст5Гпс, 3 - 35, 4 – 45, 5 – У8

Рисунок 1 - Влияние температура нагрева при нормализации на плотность дислокаций ρ .

Образование экстремума объясняется тем, что при нагреве под нормализацию в районе температур 1100°С происходит растворение в аустените тугоплавких примесных фаз. Начало растворения этих фаз характерно химической микронеоднородностью твердого раствора. При охлаждении, в процессе $\gamma - \alpha$ превращения, формируется структура с повышенным уровнем плотности дислокаций. Дальнейшее повышение температуры нагрева ведет к гомогенизации аустенита и при охлаждении в α - фазе плотность дислокации получается ниже.

Испытания на износ показали, что наименьшее его значение имеет место, если температура предварительной нормализации составляет 1100 °С. Влияние такой предварительной термической обработки оказалось значительным. После завершающей термической обработки величина износа снижалась от 20 до 30 %.

По экспериментальным данным были найдены количественные соотношения между величинами износа и параметрами структуры термически обработанных сталей - плотностью дислокаций, размерами и количеством карбидных частиц, твердорастворным упрочнением. Полученные эмпирические зависимости величины износа от параметров структуры позволили создать алгоритм и программу расчетов по выбору марки стали и режим термического упрочнения для достижения требуемого уровня износостойкости.

Таким образом, расчеты на компьютере показали, что одному и тому же уровню относительной износостойкости соответствует весьма широкой круг сталей и способов их упрочнения.

Литература

1. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. №6. С. 39 - 42.
2. Berdiev D.M. and Yusupov A.A. Improving wear resistance of steel products to unconventional heat treatment methods // International journal of scientific & technology research. Vol. 9, Issue 02, February 2020. P 2504-25094

Повышение долговечности деталей диффузионным титанированием

Студентка Чернявская Е.Г.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет

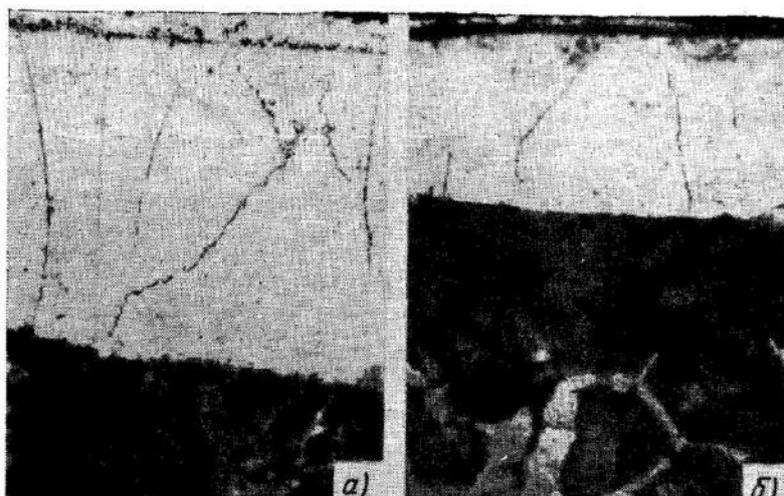
г. Минск

Титанирование – процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев металлов и сплавов. Титанирование проводят с целью повышения коррозионной и кавитационной стойкости малоуглеродистых, среднеуглеродистых, высокоуглеродистых сталей (нелегированной и легированной), а также поверхностной твердости и износостойкости. В результате титанирования повышается жаростойкость цветных сплавов на основе меди, алюминия.

Титанирование проводят контактным газовым, жидким, в паровой фазе (вакууме) и газовым методами.

Чугун рекомендуется титанировать в порошкообразной смеси из 25% Ti, 50% MgO, 15% Mg и 10% MgCl₂. Например при насыщении стали с 0,3 % C в течение 8 часов при 1150 °С образуется диффузионный слой толщиной 300...500 мкм (0,3...0,5мм) с концентрацией титана в тонкой поверхностной зоне до 80 %. По границам зерен и внутри столбчатых зерен этой поверхностной зоны располагается карбид титана, в результате чего поверхностная микротвердость достигает 22000...27000 МПа. Для титанирования с нагревом ТВЧ рекомендуется паста из 70 % FeTi и 30 % Na₃AlF₆. При скорости нагрева 50 град/с, температуре 1150...1250 °С, выдержке 5-7 минут глубина титанированного слоя на армко-железе составляет ≈ 70 мкм.

Титанирование в расплавах проводится электролизным и безэлектролизным способами. При электролизном титанировании используется растворимый титановый анод или ведется электролиз самого расплава. Насыщение проводят в электролите KCl-NaCl-TiCl₂. TiCl₂ образуется в результате взаимодействия титановой губки с TiCl₄. Электролиз ведется в атмосфере аргона. Титановый тигель используют как растворимый электрод. Оптимальная сила тока равна 0,1-0,3 А/см², которая зависит от температуры процесса, колеблющаяся в пределах 800...900 °С. Толщина титанированного слоя достигает несколько десятков микрон, а толщина глубже расположенной диффузионной зоны – нескольких микрон. Диффузионные слои на всех образцах углеродистой стали выявляются в виде нетравящейся светлой зоны (рис. 1).



а – сталь 25Л; б – сталь 45

Рисунок 1 – Микроструктура титанированного слоя на углеродистой стали (x200):

Электролизное титанирование при отсутствии растворимого титанового анода проводят в расплаве из 16% K_2TiF_6 и 84% NaCl. Анодом служит графит, над зеркалом ванны создается атмосфера аргона. Температура процесса 850...900°C, плотность тока 95 А/дм², напряжение 3-6 В.

Безэлектродное титанирование проводят в расплаве NaCl или NaCl-KCl, в который вводится порошок сплава титана, сильно загрязненного кислородом. Титанирование этим методом осуществляют в расплаве из 90% NaCl и TiO_x под защитой аргона.

Термообработка после титанирования необходима для создания под твердым карбидным слоем твердой подложки. Поэтому для титанирования пригодны некоторые легированные стали, не только с пониженным температурным коэффициентом объемного расширения, что необходимо для предотвращения образования трещин в карбидном слое и его отслаивания, но и обладающие хорошей закаливаемостью, благодаря чему при охлаждении муфеля на воздухе после окончания титанирования сталь приобретает твердость 56-61 HRC.

Температура закалки титанированных сталей не должна превышать 800 °С при времени нагрева не более 30 мин и даже при этих условиях часть образовавшегося карбидного слоя переходит в окисел. При нагреве в хлористых соляных ваннах слой разрушается. Поэтому нагрев титанированных деталей следует проводить в газовых нейтральных средах.

Титанированию с образованием карбидного слоя можно подвергать только те детали или инструменты, которые после осаждения не нужно доводить или величина доводки должна быть минимальной. Доводку производят алмазной или эльборовыми пастами.

Для уменьшения деформации титанируют готовые термообработанные и шлифованные или полированные детали.

При титанировании как сталей, так и чугунов благодаря отсасыванию углерода из подложки в карбидный слой глубже этого слоя возникает зона частичного безуглероживания. Эта зона наблюдается по микроструктуре после медленного охлаждения, по микротвердости после титанирования. После закалки эта зона на высокоуглеродистых сталях почти не обнаруживается.

Покрытие из карбида титана имеет недостаток: очень низкую жаростойкость.

Особенности: высокие микротвердость, износостойкость, коррозионная стойкость.

Титанирование применяется для повышения долговечности деталей, изготавливаемых из низкоуглеродистых сталей и цветных металлов. Известны попытки использования титанирования в судостроении, для деталей машин.

Вакуумному титанированию подвергаются внутренние поверхности промышленных реакторов (диаметром до 1,2 м и высотой 2,8 м), служащих для производства губчатого титана магниетермическим методом. Эти реакторы изготавливают из стали Ст3 и 12Х18Н9 и часто служат источником загрязнений титановой губки железом. Титанирование реакторов позволило на первых циклах работы снизить количество отходов и повысить чистоту получаемой титановой губки.

Область применения – инструменты для холодной деформации металлов:

- для вытяжки;
- гибки;
- выдавливания;
- штамповки;
- прессования;
- калибровки;

Стойкость инструментов после титанирования в несколько раз выше, чем серийных (без покрытий).

В единичных случаях можно заменять инструменты и детали, изготовленные из твердых металлокерамических сплавов, на детали из сталей типа Х12 с последующим титанированием.

Большие перспективы имеет титанирование инструментов из спеченных металлокерамических твердых сплавов: многогранных неплетачиваемых резцовых пластин, фильер.

Литература

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / ред. Л. С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1981 г. – 222 с.
2. Лахтин, Ю. М., Арзамасов, Б. Н. Химико-термическая обработка металлов: учебное пособие / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
3. Минкевич, А. Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.

**Расчет температур плавления резистивных сплавов систем
Co-Cr-Si и Co-Cr-La-Si**

Студент Гладинов А.Д.
Научный руководитель Зеленин В.А.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Температуры плавления и химический состав резистивных сплавов системы Co-Cr-Si марок РС5406 К, РС6012 и РС2802 приведены в таблице.

Таблица – Температуры плавления (кристаллизации) и химический состав резистивных сплавов системы Co-Cr-Si [1].

Марка сплава	Температура плавления, ± 15 °С	Содержание компонентов, мас.% / ат. %		
		Co	Cr	Si
РС 5406 К	1400	6,0 / 4,0	54,0 / 40,5	40,0 / 55,5
РС 6012	1250	60,0 / 45,2	12,0 / 9,6	28,0 / 45,2
РС 2802	1300	28,0 / 15,6	2,0 / 1,4	70,0 / 83,0

1 Расчет температур плавления эвтектик в системе Co-Cr-Si

Расчет температур плавления тройных эвтектик в системе Co-Cr-Si сводим в соответствии с [2] к расчету двойных систем (CoSi₂-Si)_{эвт} - (CrSi₂-Si)_{эвт} и (Co₂Si-CoSi)_{эвт} - (CrSi-CrSi₂)_{эвт}. Температуры плавления двойных эвтектик взяты из диаграмм состояния систем Co-Si и Cr-Si [3].

1.1 Для системы (CoSi₂-Si)_{эвт} - (CrSi₂-Si)_{эвт}

$$X = (1305 - 1259) / (1305 + 1259)^{0,74} = 46/333,1 = 0,1381.$$

$$K_{эвт} = 0,497 \exp(-0,2657 \times 0,1381) = 0,4791.$$

$$T_{эвт} = 0,467 \times (1305 + 1259) = 1228,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Принимая $T_{эвт} = 1230 \text{ } ^\circ\text{C}$, определяем концентрации элементов в тройной эвтектике E_1 по формуле

$$C^1_{эвт} = [(T_2 - T_{эвт}) / (T_1 + T_2 - 2T_{эвт})] \times 100 \%,$$

$$C^1_{эвт} = 100 \times (1259 - 1230) / (2564 - 2460) = 27,9 \text{ мас. \% (CrSi}_2\text{-Si)}_{эвт}.$$

Концентрация (CoSi₂-Si)_{эвт} в тройной эвтектике составляет 72,1 мас. %. В 72,1 мас. % эвтектики CoSi₂-Si, состоящей из 38,0 мас.% Co и 62,0 мас. % Si, содержится 27,4 мас. % Co и 44,7 мас. % Si. В 27,9 мас. % эвтектики CrSi₂-Si состава 29,0 мас. % Cr и 71,0 мас. % Si содержится 8,1 мас. % Cr и 19,8 мас. % Si.

Таким образом, установлено, что эвтектика E_1 в тройной системе Co-Cr-Si плавится при температуре $T_{эвт} = 1230 \text{ } ^\circ\text{C}$ и содержит 27,4 мас. (15,9 ат.) % Co, 8,1 мас. (5,3 ат.) % Cr и 64,5 мас. (78,8 ат.) % Si.

1.2 Для системы (Co₂Si-CoSi)_{эвт} - (CrSi-CrSi₂)_{эвт}.

$$X = (1390 - 1286) / (1390 + 1286)^{0,74} = 104/343,8 = 0,3025.$$

$$K_{эвт} = 0,497 \exp(-0,2657 \times 0,3025) = 0,4586.$$

$$T_{эвт} = 0,4586 \times (1390 + 1286) = 1227,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Принимая $T_{эвт} = 1230 \text{ } ^\circ\text{C}$, определяем концентрации элементов в тройной эвтектике E_2 .

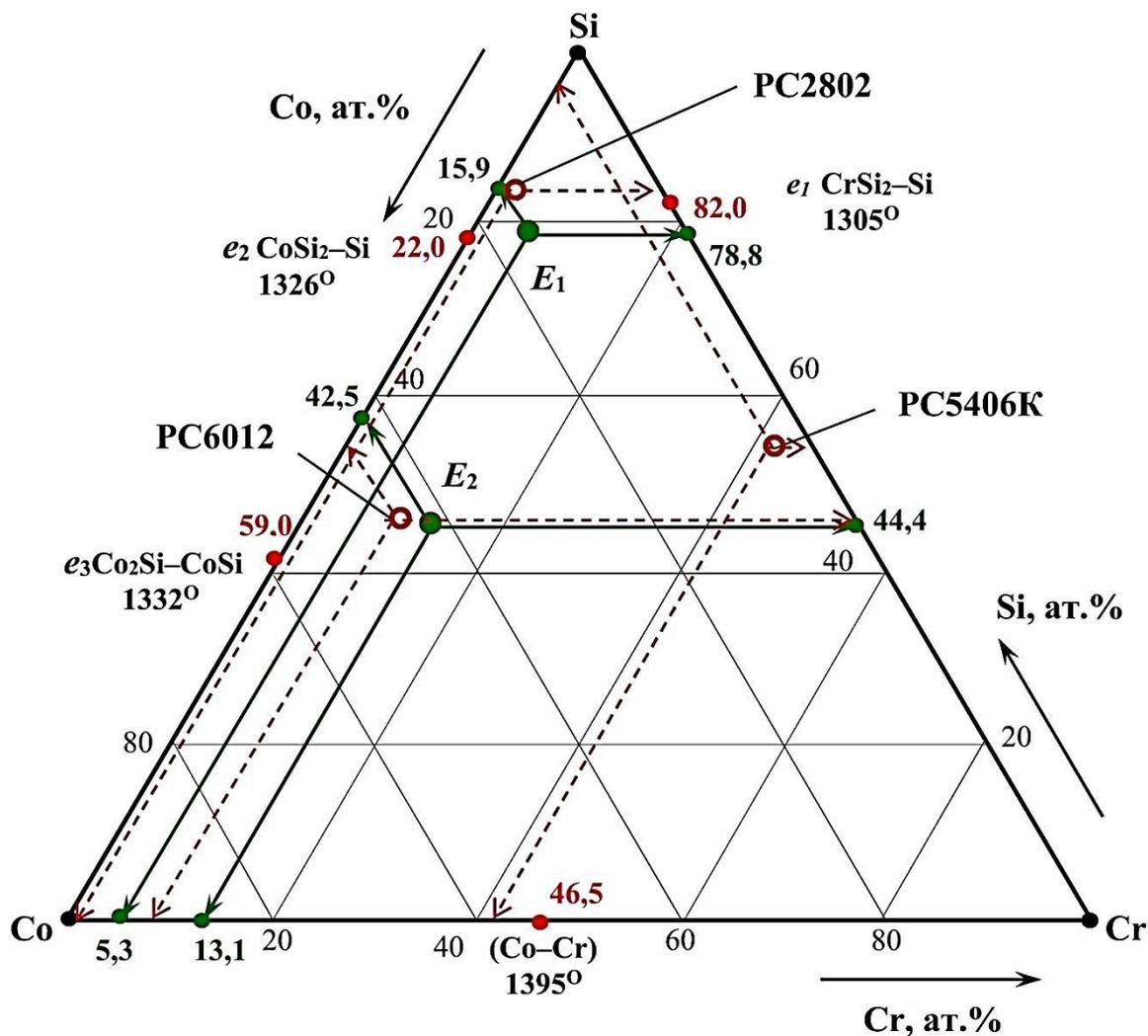
$$C^{T1}_{эвт} = 100 \times (1286 - 1230) / (2676 - 2460) = 25,9 \text{ мас. \% (CrSi-CrSi}_2\text{)}_{эвт}.$$

Концентрация (Co₂Si-CoSi)_{эвт} в тройной эвтектике составляет 74,1 мас. %. В 74,1 мас. % эвтектики Co₂Si-CoSi, состоящей из 76,2 мас.% Co и 23,8 мас. % Si, содержится 56,5 мас.

% Co и 17,6 мас. % Si. В 25,9 мас. % эвтектики CrSi–CrSi₂ состава 59,3 мас. % Cr и 40,7 мас. % Si содержится 15,4 мас. % Cr и 10,5 мас. % Si.

Таким образом, установлено, что эвтектика E_2 в тройной системе Co–Cr–Si плавится при температуре $T_{эвт} = 1230$ °С и содержит 56,5 мас. (42,5 ат.) % Co, 15,4 мас. (13,1 ат.) % Cr и 28,1 мас. (44,4 ат.) % Si.

Расположение эвтектических точек в тройной системе Co–Cr–Si представлено на рисунке.



E_1 : Co15,9 (27,4 мас.) Cr5,3 (8,1мас.) Si78,8 (64,5 мас.) ат. %, $T_{пл} = 1230$ °С
 E_2 : Co 42,5 (56,5 мас.) Cr13,1 (15,4 мас.) Si44,4 (28,1 мас.) ат. %, $T_{пл} = 1230$ °С

Рисунок – Координаты двойных (e_1 – e_3) и тройных E_1 и E_2 эвтектик в системе Co–Cr–Si, а также положения сплавов РС в ней

Как следует из рисунка, составы сплавов PC2802 и PC6012 близки к эвтектическим, поэтому вероятность получения мишеней для установок распыления из данных сплавов методом литья выше, чем у сплавов РС системы Ni–Cr–Si [2]. Для повышения трещиностойкости мишеней желательно снизить температуру их кристаллизации при литье. В работе [4] было показано, что снизить температуру плавления резистивных сплавов можно введением в них РЗМ. Установлено, что эвтектика LaSi₂–Si имеет состав: 29,65 мас. % (7,9 ат.%) La и 70,35 мас. % (92,1 ат. %) Si и плавится при 1150 °С.

2 Расчет температуры плавления высококремнистой эвтектики в системе Co–Cr–La–Si

Для расчета температуры плавления четверной эвтектики в системе Co–Cr–La–Si рассматриваем ее как состоящую из тройной эвтектики E_1 и двойной эвтектики LaSi₂–Si.

$$X_1 = (1230 - 1150) / (1230 + 1150)^{0,74} = 80/315,25 = 0,254.$$

$$K_{ЭТ1} = 0,497 \exp(-0,2657 \times 0,1047) = 0,497 / 1,0282 = 0,4645.$$

$$T_{ЭТ1} = K_{ЭТ}(T_1 + T_2) = 0,4645 \times (1230 + 1150) = 1105 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$C^1_{ЭТ} = [(T_2 - T_{ЭТ}) / (T_1 + T_2 - 2T_{ЭТ})] \times 100 \%,$$

$$C^1_{ЭТ2} = (1150 - 1105) / (1230 + 1150 - 2210) \times 100 = 26,5 \text{ мас. } \%$$

Концентрация эвтектики (LaSi₂–Si)_{ЭТ} в четверной эвтектике составляет 26,5 мас. %. В 26,5 мас. % (LaSi₂–Si)_{ЭТ} состава 29,65 мас. % La и 70,35 мас. % Si содержится 7,9 мас. % La и 18,6 мас. % Si. В 73,5 мас. % эвтектики E_1 состава 27,4 мас.% Co, 8,1 мас.% Cr и 64,5 мас. % Si содержится 19,1 мас. % Co, 6,0 мас. % Cr и 48,4 мас. % Si.

Таким образом, установлено, что четверная высококремнистая эвтектика в системе Co–Cr–La–Si плавится при температуре 1105 °С и содержит, в мас. %: Co – 19,1, Cr – 6,0, La – 7,9 и Si – 67,0.

Заключение. Показано, что составы резистивных сплавов РС2802 и РС6012 системы Co–Cr–Si близки к эвтектическим, поэтому вероятность получения мишеней для установок распыления из данных сплавов методом литья выше, чем у сплавов РС системы Ni–Cr–Si. Установлено, что рассчитанная методом Круковича температура плавления высококремнистой эвтектики в системе Co–Cr–Si равна 1230 °С и содержит 27,4 мас. (15,9 ат.) % Co, 8,1 мас. (5,3 ат.) % Cr и 64,5 мас. (78,8 ат.) % Si.

Выполнен расчет и установлено, что четверная высококремнистая эвтектика в системе Co–Cr–La–Si плавится при температуре 1105 °С и содержит, в мас. %: Co – 19,1, Cr – 6,0, La – 7,9 и Si – 67,0. Снижение температуры плавления четырехкомпонентного сплава позволит снизить вероятность растрескивание заготовок мишеней при их изготовлении методом литья.

Литература

1. ГОСТ 22025-76. Сплавы кремниевые резистивные. Технические условия.
2. Крукович М.Г. Расчет эвтектических концентраций и температуры в двух- и многокомпонентных системах / М.Г. Крукович // Материаловедение и термическая обработка металлов. 2005. № 10. С. 9–17.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т. Под общ. ред. Н.П.Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.
4. Гладинов А.Д. Расчет концентраций и температур плавления высококремнистых эвтектик в системах РЗМ–Si / А. Д. Гладинов; науч. рук. В. А. Зеленин // Литье и металлургия 2019 [Электронный ресурс] : сборник научных работ II Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов, 16-17 октября 2019 года / ред.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 62-63.

Особенности отпускной хрупкости броневых сталей

Студентка Эргардт Е.В.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В настоящее время большое внимание уделяется термообработке сталей благодаря тому, что с помощью правильного выбора вида или комплекса видов термообработки, можно добиться требуемых свойств не используя дорогостоящие легирующие элементы. Следует учитывать, что существуют нюансы при выборе температур, так как они могут существенно повлиять на окончательный результат значений механических свойств.

Отпуск – вид термообработки, который применяется после закалки для уменьшения внутренних напряжений, которые образуются после закалки. Закалка повышает не только твердость, но и хрупкость, что делает детали и изделия из закаленных сталей невозможными в эксплуатации. Чтобы совместить высокую твердость и высокую ударную вязкость применяют отпуск стали после закалки. Выделяют три вида отпуска: низкий (120...250 °С), средний (350...400 °С) и высокий (450...600 °С). Нужно понимать, что эти диапазоны температур условны и, в зависимости от содержания легирующих элементов, могут колебаться. Как можно заметить, интервал температур от 250 до 400 °С не используется по причине отпускной хрупкости стали.

Отпускная хрупкость стали – это сильное снижение ударной вязкости при определенном интервале температур отпуска. Выделяют два вида отпускной хрупкости: необратимая (первого рода) и обратимая (второго рода). Первая наблюдается в температурном диапазоне отпуска от 250 до 350 °С и не зависит от скорости охлаждения после отпуска. Причина такой отпускной хрупкости – распад мартенсита с неравномерным выделением карбидов по границам (преимущественно) и в объеме зерна. Все это вызывает повышение хрупкости по границам бывших аустенитных зерен, но при этом все остальные параметры стали (твердость, прочность и др.) остаются неизменными. Отпускная хрупкость первого рода будет протекать в любых случаях, независимо от присутствия или отсутствия легирующих элементов в стали.

Обратимая отпускная хрупкость соответствует высокому отпуску (450-600 °С). Очень распространена для марганцевых, хромистых, хромо-никелевых сталей, например, 40Х, 40ХН. Не проявляется у углеродистых сталей, например, Сталь 40; сталей, легированных молибденом или вольфрамом, например, 40ХМ, 40ХВ. Введение молибдена до 0,4...0,5 % и вольфрама до 1,2...1,5 % уменьшает, а чаще полностью подавляет склонность стали к обратимой отпускной хрупкости, но при большем содержании этих элементов хрупкость вновь усиливается. Также на охрупчиваемость такого рода влияет сурьма, фосфор, мышьяк – вредные примеси, даже в малом количестве.

Любое незнание выбора режимов термообработки чревато последствиями. В качестве примера можно привести одну из версий быстрого потопления британского линкора «Худ» в битве с немецким линкором «Бисмарк». Считается, что отпускная хрупкость сыграла большую роль в том, что линкор потонул в считанные минуты, когда снаряд попал в палубную часть. Для начала нужно сказать, что линкоры – это линейные корабли, которые участвовали в сражениях. Защитой таких кораблей служила броневая сталь, которая должна была удовлетворять таким требованиям, которых можно достичь только с помощью термообработки (высокая прочность, высокая твердость, высокая ударная вязкость при низких температурах эксплуатации). Такая броня должна распределять кинетическую энергию, с которой она сталкивается при попадании снарядов, что позволяет снизить точечный урон и спасти корабль от повреждений. На данный момент в открытом доступе составы броневых сталей этого линкора нет. Но по современным данным броневая сталь практически не отличается от стандартных легированных сталей. Чаще всего в составе присутствуют около 0,5% углерода, 2% кремния,

1,5% марганца, 2% хрома, 1,8% никеля, 0,3% молибдена, 0,15% алюминия, 0,35% меди, 0,15% титана, до 5% кобальта и остальное – железо. Сталь становится броней не при помощи введения в сплав дополнительных материалов, а с помощью специальной закалки и отпуска в течение установленных промежутков времени, которые изменяют структуру материала на молекулярном уровне.

Список использованной литературы

1. Теория термической обработки металлов. Учебник. / Изд. 3-е, испр. и доп. Новиков И.М., «Металлургия», 1978. – с. 321-331.
2. В. Б. Мужеников. Часть IV. // Линейные крейсера Англии. – СПб.: ИСТФЛОТ, 2006. – 112 с. – (Боевые корабли мира). – 250 экз.
3. В. Дж. Юренс. Гибель линейного крейсера Худ = W. J. Jurens. The Loss of HMS Hood – A Re-Examination / пер. с англ. В. В. Пенский. – СПб., 1994. – 52 с.

Современные сплавы с эффектом памяти формы и их применение в машиностроении и медицине

Студент Чернявская Е.С.

Научный руководитель – к.т.н. Ковальчук А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сплавы с памятью или с эффектом памяти формы были открыты в первой половине 20 века. Уникальное свойство этих сплавов заключается в том, что при нагревании они принимают свою первоначальную форму, даже если в холодном состоянии они были каким-то образом деформированы. Изучение подобных свойств является актуальным и востребованным направлением в настоящее время.

Эффект памяти формы заключается в том, что деформированный металл может самопроизвольно восстанавливается в исходную форму в результате нагрева или после снятия нагрузки. Простейшим примером, демонстрирующим этот эффект является, например, предварительно пластически деформированная металлическая проволока, которая в результате последующего нагрева до определенной температуры начинает возвращаться в исходную форму. Такие материалы активно применяются в медицине при сложных хирургических вмешательствах, работе с сосудами и сердцем, что позволяет снизить инвазивную нагрузку. В машиностроении такие материалы позволяют конструировать и реализовывать соединения исполнительных частей машин и механизмов, невозможное традиционными методами.

В основе эффекта памяти формы большинства используемых металлов и сплавов лежат термоупругие мартенситные превращения. Мартенситное превращение (МП) происходит только в том случае, если аустенит переохлажден до низких температур, при которых диффузионные процессы становятся невозможными. Данное превращение основывается на изменении типа кристаллической структуры (решетки). Такие переходы не связаны с диффузией или изменением химического состава и являются основой высокотемпературных методов обработки металлов. Мартенситные превращения по направлению протекания разделяются на прямые и обратные. Именно эти превращения проявляются в процессе проявления эффекта памяти формы. Под прямым мартенситными превращениями понимают превращение из высокотемпературной кубической фазы в низкотемпературную объемно-центрированную кубическую фазу. Обратное – из ОЦК фазы превращение в ГЦК. Если же происходит снятие напряжения, то это приводит к незначительному возврату деформации.

Эффект памяти формы возникает по причине того, что внешние слои при пластическом деформировании материала вытягиваются, а внутренние – сжимаются, при этом промежуточный средний слой между ними может остаться неизменным. Термоупругость мартенситного превращения проявляется именно при нагреве. Однако с термоупругостью так же возникает внутреннее напряжение, обусловленное упругими искажениями структуры и нарушением ее периодичности, в результате чего структура стремится вернуться в исходное состояние. Для того чтобы полностью восстановить форму необходимо, чтобы мартенситное превращение являлось кристаллографически обратимым. Такой способ характерен не только для сталей, но и для чистых металлов, полупроводников, цветных сплавов, а также полимеров. Разработка новых составов сплавов с эффектом памяти формы также является актуальной научной задачей для медицины и для машиностроения [3].

К современным сплавам с эффектом памяти формы можно отнести сплавы на основе Ti-Ni и Cu-Al. Эффект памяти формы также наблюдается у сплавов систем: Cu-Zn, Cu-Zn-Al, Cu-Zn-Si, Cu-Zn-Sn, Cu-Al, Cu-Al-Ni, Mn-Cu, Fe-Mn-Si, Ni-Al и других. Исследователи полагают, что эффект памяти формы возможен у любых материалов, которые претерпевают мартенситное превращение [2].

Следует отметить, что обработка сплавов с эффектом памяти формы является сложной задачей. Классическим примером является никелид (или нитинол) – это сплав на основе титана и никеля. Титан в жидком состоянии легко поглощает газы и хорошо взаимодействует со многими веществами, поэтому его выплавка производится в вакууме или атмосфере чистого инертного газа. Нитинол подвергается обработке давлением в интервале температур 700...900 °С. Данный сплав не нагревают до более высоких температур, так как происходит интенсивное окисление и может образовываться хрупкий и пористый (газонасыщенный) слой. Важной операцией обработки является технологическая операция термофиксации – это один из методов предварительной обработки, цель которой заключается в снижении внутренних напряжений. Сложность операции термофиксации заключается в том, что с проявлением эффекта памяти после придания заготовке из никелида титана требуемой формы заготовку начинают деформировать при температуре близкой к комнатной температуре. Благодаря этому достигается стабильное состояние структуры и формы [1].

Нитинол является одним из самых востребованных на сегодняшний день сплавов с эффектом памяти формы. Нитинол часто используют в устройствах и приборах самого разного назначения. Однако применение он нашел не только в машиностроении, но и в медицине. Благодаря такому сплаву были разработаны фильтры для введения в сосуды кровеносной системы, зажимы для защемления слабых вен, стержней для коррекции позвоночника при сколиозе и многие другие. Никелид обладает хорошей прочностью, пластичностью, а также коррозионной стойкостью, что позволило применять данный сплав в черепно-мозговой хирургии, восстановительно спинномозговой хирургии, а также в лечении врожденных и посттравматических патологий позвоночника и лечении переломов тел позвонков. Нитинол играет одну из важных ролей в сердечнососудистой хирургии. Он активно применяется для изготовления клапанов сердца [4].

Нитинол так же активно применяется в робототехнике, добывающей промышленности и в изучении космоса (соединительные муфты; для работы в открытом космосе; спутники Земли). Это определяет интерес к изучению эффекта памяти формы и разработке сплавов, в которых он реализовывается, так как эти сплавы позволяют развивать востребованные направления в медицине, машиностроении, авиационной инженерии, робототехнике и во многих других сферах.

Литература

1. Эффекты памяти формы и их применение в медицине. / В.Э. Гюнтер, В.И. Итин, Л.А. Монасевич, Ю.И. Паскаль и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 742 с.
2. Функциональные материалы с эффектом памяти формы / Коллеров, Гусев, Гуртовая – Машиностроение, 2019. – 140 с.
3. А.Л. Солнцев «Материаловедение». – М: 1991.
4. Модификация поверхности титановых имплантатов и её влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах. / В.В. Савич – Медицина 2012.

Composite materials production technology for machining materials

Z.L. Alimbabaeva

Branch of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin in Tashkent

B.Sh. Bektemirov

Materials Science department, Tashkent State Technical University

The interfaces in such compounds can be considered as independent elemental structures in which the dissolution processes, the formation of new phases, and the redistribution of impurities occur. The transition layer plays an important role. The technology for the production of composite materials for machining materials is based on the ability, under certain specified conditions, to combine chemically inactive materials into monolithic compounds for the possibility of their practical implementation.

In the transition layer, a bond is formed between the main elements of the hard coating and the matrix. The level of properties of the created composite material depends on the perfection of this connection. An important role is played by intermediate layers, which promote the activation of the diffusion capacity of the hard alloy elements into the matrix of the base material. These elements include, first of all, elements of the groups' copper, nickel, titanium, and intermetallic compounds. In the deposition of local thin films, the technique of magnetron vacuum deposition was mainly used to create intermediate diffusion layers. In these systems, the material is sputtered by bombarding the surface of the target (sample) with ions of the working gas (argon), which are formed in the optimal glow discharge plasma. This method is well proven when thin films are implanted on the surface of a metal cutting tool at low sample surface temperatures. However, the use of an inert gas as a carrier of ions will create a "thermal" effect during spraying and will not allow the required amount of material to be applied to the covered cavities and onto a sufficiently rough surface.

The magnetron method also limited the technology in the materials used, since only non-magnetic metals can be sprayed. The use of an arc discharge in vapors of the working substance allows the ion deposition process to be carried out in a sufficiently high vacuum and without the use of an inert gas as an ion carrier. To ignite an arc discharge in a vacuum, this installation uses an electromechanical system as it has the greatest reliability and simplicity (table 1).

Table 1 - Main technical characteristics of the electric arc evaporator

Alternating current voltage 50 Hz	– 220 V.
Power consumption no more	– 2 KW.
Rated working arc current	– 75-100 A.
Number of current control channels electromagnetic coils	– 2.
Current in the substrate circuit in the deposition mode coatings	– 25A.
The high voltage potential of the substrate	– 600...1000 V.
Evaporator water cooling	– 40 l \ h.
Minimum	– 5 mkm \ h.
Maximum	– 100 mkm \ h.

For films with a melting point above 1000 ... 15000C, the formation of non-oriented layers with small granule sizes not exceeding 15 nm is characteristic. For films with a melting point below 10,000 C, the layers consist of large single crystals oriented relative to the substrate.

Table 2 -Voltage values at the evaporator cathode at the minimum stable arc current

Evaporated material	Al	Ti	Cu
Cathode voltage B	20	21	20
Minimum arc current A	40	50	30

References

1. Avseevich O.I. O zakonomernostyax erozii pri impulsnyx razryahda [Regularities of erosion during impulse discharges] / O.I. Avseevich. M.: Mashinostroenie,1982.S.32-42
2. Kisaev I.R. Katodnye protsessy elektricheskoy dugi [Electric arc cathodic processes] / I.R. Kisaev. M.: Nauka, 1968. - 244 s.
3. Shatinskiy V.F. Zashchitnye diffuzionnye pokrytiya [Protective diffusion coatings] / V.F. Shatinskiy, A.N. Nesterenko. Kiyev: Nauka dumka, 1988. - 272 s.

Атмосферостойкие стали

Студент Баранкевич Н.М.

Научный руководитель - Константинов В.М.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, г. Минск

Атмосферостойкие стали - высокопрочные низколегированные стали, содержащие добавки меди, которые проявляют устойчивость против атмосферной коррозии в неокрашенном состоянии. Широкое применение атмосферостойкая сталь нашла в мостостроении. С 60-х годов прошлого века в зарубежном мостостроении наблюдается тенденция к увеличению использования в конструкциях пролетных строений атмосферостойких сталей без дополнительной защиты от коррозии лакокрасочными покрытиями. Использование неокрашенной низколегированной стали, образующей защитный слой оксида железа с добавками оксида хрома, а также меди, который сочетается эстетически с окружающей природой, позволило сэкономить 300 000 долларов на первоначальной стоимости и примерно 1 млн. долларов за каждую окраску, которая была бы необходима для поддержания моста из обычной конструкционной стали. За рубежом действуют нормативные документы, регламентирующие химический состав и механические свойства атмосферостойких сталей (ASTM A 242 – Сталь конструкционная низколегированная высокопрочная, ASTM A 588 – Сталь конструкционная низколегированная высокопрочная с минимальным пределом текучести 345 МПа, толщиной до 100 мм, ASTM A 709 – Сталь конструкционная углеродистая и низколегированная высокопрочная и сталь конструкционная легированная, закаленная и отпущенная для мостостроения, в том числе для сварных и болтовых конструкций мостов). Стойкость против атмосферной коррозии этих сталей в большинстве атмосферно-климатических сред значительно выше, чем углеродистой стали с медью или без меди.

Наиболее ярким и конкурентоспособным представителем атмосферостойких сталей, является сталь Corten.

Сталь Corten или COR-TEN – это атмосфероустойчивая сталь, разработанная в 1930-х годах американской корпорацией U.S. Steel. Главная задача кортеновской стали - повысить устойчивость материала к коррозионным процессам и исключить потребность в дополнительной защитной обработке материала.

Свое название сталь Corten (corten steel) получила от основных характеристик:

- Cor (Corrosion) – присутствие процессов коррозии с образованием ржавчины;
- Ten (Tensile) – высокий предел прочности материала.

Углеродистая сталь представляет собой высокоактивный металл по сравнению с, например, нержавеющей сталью и медью. По этой причине любая влага или атмосферный кислород, получающий доступ к поверхности неокрашенной углеродистой стали, быстро вызывает окисление и образование гидроксида железа. Этот процесс обычно называют коррозией. По мере того, как поверхность стали многократно увлажняется, происходит ржавление, что может существенно ухудшить свойства стальной конструкции. Кортен также окисляется в процессе контакта с воздухом и влажностью. Однако механизм окисления в сталях Кортен отличается от ржавления конструкционных сталей. Когда Кортен многократно увлажняется и высыхает, на его поверхности образуется плотный и очень жесткий оксидный слой. Этот слой предотвращает развитие коррозии в нормальных погодных условиях, поэтому стали Кортен называются атмосферостойкими.

С момента патентования Cor-Ten было проведено более 30 000 испытаний с целью оптимизации химического состава стали и достижения наилучших показателей погодоустойчивости. В зависимости от марки сталь Cor-Ten может содержать до 10 легирующих элементов. Хром, никель, медь и фосфор улучшают стойкость стали к атмосферной коррозии. Кремний,

титан, молибден и ванадий еще больше увеличивают плотность оксидного слоя, взаимодействуя с медью и хромом. Сегодня существует ряд марок стали, объединенных общим запатентованным названием Cor-Ten.

Таблица 1 – Химический состав сталей Кортен

Марка стали	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ni	V
Cor-Ten A	0,12	0,25-0,75	0,20-0,50	0,07-0,15	0,03	0,02-0,06	0,50-1,25	0,25-0,55	0,65	–
Cor-Ten AF	0,12	0,25-0,75	0,20-0,50	0,07-0,15	0,03	0,02-0,06	0,50-1,25	0,25-0,55	0,65	–
Cor-Ten High temp	0,12	0,25-0,75	0,20-0,50	0,07-0,15	0,03	0,02-0,06	0,75-1,25	0,25-0,55	0,40	0,02
Cor-Ten B	0,19	0,30-0,65	0,80-1,25	0-0,35	0,03	0,02-0,06	0,40-0,65	0,25-0,40	0,40	0,02-0,10

Таблица 2 – Показатели скорости коррозии

Марка стали	Скорость коррозии, нм/10 лет
Cor-Ten A	20 – 30
Cor-Ten B	75 – 100
Углеродистая сталь	150 – 200

Сталь Cor-Ten, как правило, не требует дополнительной термической обработки после сварки. В случае изготовления особо ответственных несущих конструкций из толстых листов, когда проведение термической обработки инициировано заказчиком, рекомендуется проводить:

Отжиг для снятия остаточных напряжений при температуре +550...+600 °С (цель +580 °С) с выдержкой 2 минуты на 1 мм толщины, но не менее 30 минут, и медленным охлаждением в печи.

Нормализацию при температуре +860...+940°С (цель +910°С) с выдержкой 1 минута на 1 мм толщины, но не менее 15 минут, и охлаждением на воздухе.

Список используемых источников

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е. И. Металлы и сплавы. Справочник./ Под редакцией Ю.П. Солнцева. - Санкт-Петербург: НПО "Профессионал", 2003 г. - 1066 с.
2. Конюхов А. Д., Шуртаков А. К., Харчевников В. П., Шелест А. И., Воробьева Т. Н. Мостам из атмосферостойкой стали без окраски — 20 лет /А.Д. Конюхов // Сталь, -2012. - № 4. - с. 60-63
3. Painting-free Bridge Sub-committee, Technical Committee of Japan Association of Steel Bridge Construction: Construct Records of Unpainted Weathering Steel Structures in Bridges in Japan, 6th ed., 2001
4. Гоник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения / А.А. Гоник. – М. : Недра, 1976. – 192 с.

Влияние содержания хлора на интенсивность процессов высокотемпературной газовой коррозии (ВТК) низкоуглеродистой стали

Студент Баранкевич Н.М.

Научный руководитель - Булойчик И.А.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, г. Минск

На рисунке 1 представлены сравнительные данные скоростей ВТК для легированных хромистых сталей и низкоуглеродистой стали.

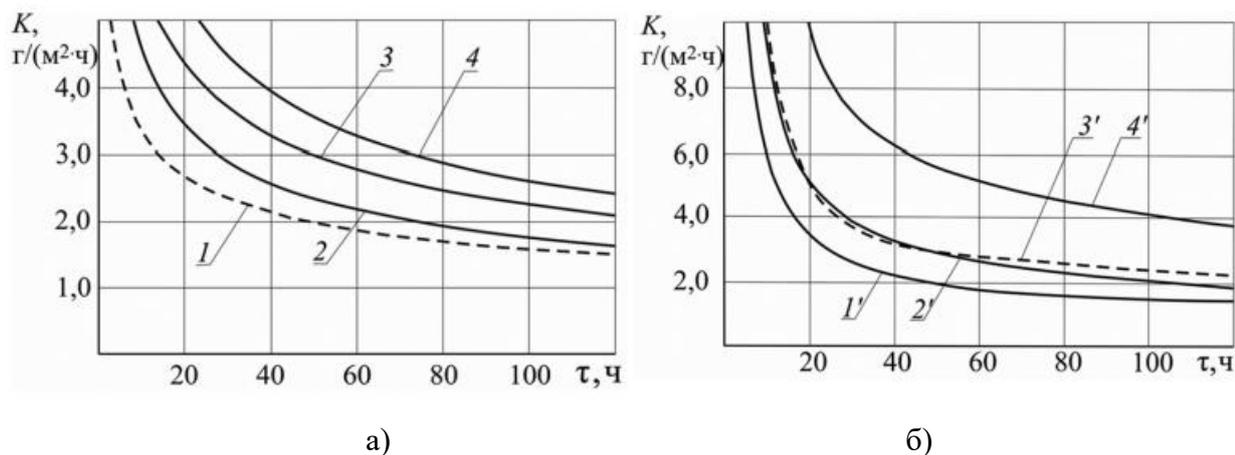


Рисунок 1 – Сравнение кинетики ВТК для хромистых сталей типа (а) и низкоуглеродистой стали (б) при сжигании различных видов топлива

Исследования кинетики (скорости) ВТК стали 20 (рис. 1, б) показали, что при сжигании сланцев (кривая 1') и мазута М40 (кривая 3') скорости ВТК практически совпадают. При сжигании водо-мазутных эмульсий (ВМЭ (М 40+Д)) (кривая 2') скорость коррозии ниже скорости ВТК при сжигании мазута и сланцев. Скорость ВТК при сжигании ВМЭ (М 40 + ВВ) (кривая 4') существенно выше. С учетом приведенных данных, по сравнению с легированными сталями типа 12Х18Н12Т и Х18Н10Т скорость коррозии в аналогичных условиях для низкоуглеродистой стали в 2 раза выше.

На основании результатов оценки влияния разной концентрации хлора в золе топлив на интенсивность ВТК, авторами [1] установлено, что при содержании хлора до 1,0% стабилизация (снижение скорости коррозии вследствие формирования оксидной пленки) скорости коррозии происходит после 40...60 часов воздействия потока газов. При содержании хлора 2,0 % стабилизация скорости ВТК наблюдается только после 100 часов. Учет также следует тот факт, что роль соединений щелочных металлов в процессах загрязнения и коррозии усиливается с увеличением в топливе хлора [3]. Критическим считается содержание Cl в топливе 0,5...0,6%. Кроме того, по данным [4] при увеличении содержания хлора выше 0,6% наблюдается существенный рост отложений. Поэтому, на основании вышеизложенного можно рекомендовать содержание Cl в топливах до 0,6%. Сравнение полученных данных показывает, что для сталей 12Х18Н12Т и Х18Н10Т при ϑ_r (температура газов) = 1000 °С и $t_{ст}$ (температура поверхности стали) = 620 °С скорость коррозии максимальна. Для стали 20 при ϑ_r = 1000 °С и $t_{ст}$ = 500 °С скорость коррозии еще выше. С понижением температуры стенки скорость ВТК обеих марок сталей снижается, что говорит о важности влияния температуры на скорость ВТК.

Интенсивность высокотемпературной коррозии (ВТК) стальных поверхностей нагрева котельного оборудования зависит от многих факторов. Скорость коррозии котельного оборудования при его эксплуатации зависит от содержания хлора в сгораемом топливе, температуры газов в рабочей зоне и химического состава сталей используемого оборудования. Однако

считается [1], что минеральный состав сжигаемого топлива считается основным фактором, определяющим интенсивность и характер изменения скорости ВТК. Соединения хлора являются весьма активными ускорителями коррозии. Основную роль при ВТК играет хлорид натрия NaCl , который, вступая в реакцию с серной кислотой, образует сульфат натрия Na_2SO_4 и пары соляной кислоты HCl [1]. Хлористый водород диффундирует к поверхности труб и вступает во взаимодействие с металлом. Образующиеся соединения хлора неустойчивы при температурах выше $300\text{ }^\circ\text{C}$, и испаряясь, разрушают оксидную пленку, открывая тем самым доступ к металлу агрессивных компонентов топочных газов. На рисунке 8 представлена схема распределения HCl по тракту газового котла.

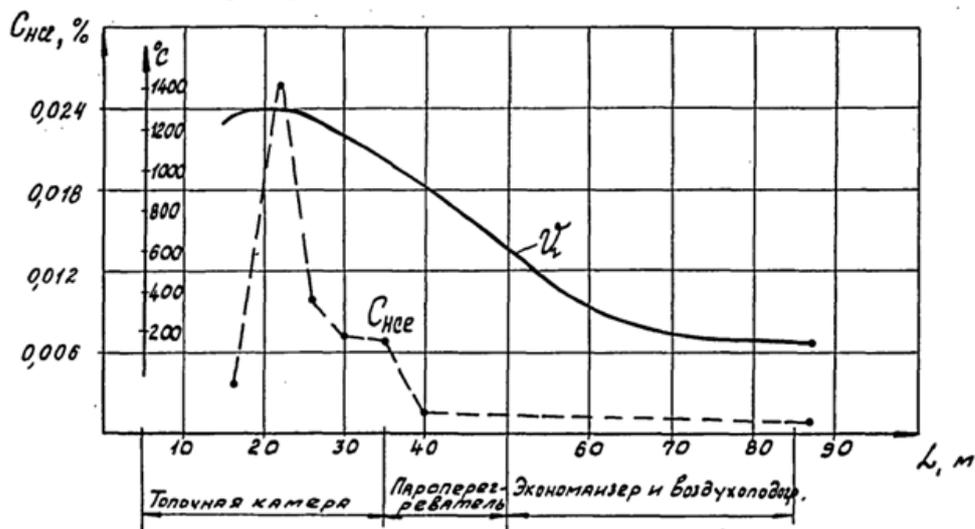


Рисунок 2 – Изменение концентрации хлористого водорода по газовому тракту котла БКЗ 500-140-1 [2]

Основываясь на данных [2], скорость коррозии для стали 12Х1МФ при сжигании угля с концентрацией хлора 0,2 % масс составляет:

- 0,04 мм/год при температуре $430\text{ }^\circ\text{C}$ (первая ступень пароперегревателя (последняя по ходу газов)).
- 0,08 мм/год при температуре $470\text{ }^\circ\text{C}$ (Для выходной ступени ширмового пароперегревателя)
- 0,13 и 0,17 мм/год при температуре 498 и $513\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.

Согласно ряду нормативных документов, трубы подлежат замене после утонения ее стенки более, чем на 1 мм за 100 тыс. часов работы. Таким образом, для обеспечения требуемого ресурса работы поверхностей нагрева при сжигании приозерного угля необходимо выдерживать температуру металла (12Х1МФ) на уровне, не превышающем $540\text{ }^\circ\text{C}$. Выходные ступени пароперегревателя целесообразно изготавливать из стали Х18Н12Т. Скорость коррозии труб из стали Х18Н12Т (выходная ступень во время опытного сжигания не превысила 0,05 мм/год при уровне температуры металла $540\text{--}580\text{ }^\circ\text{C}$ [2].

Микрохимические исследования переходной зоны металл-шлаковые отложения, выполненные методом электронно-зондового сканирования, показали, что соединения хлора в реакционной зоне отсутствуют. Причина заключается в том, что хлориды железа имеют низкую температуру плавления и сублимируют при температуре выше $400\text{ }^\circ\text{C}$. Образующиеся в результате этого процесса трещины и поры заполняются продуктами коррозии и шлаковыми отложениями [2]. То, что разрушение металла, произошедшее на границе с продуктами коррозии, есть следствие его взаимодействия с хлором, подтверждает массовое содержание Fe в месте разрушения удельной металлической структуры (порядка 40 %) [2]. В соединениях FeCl_2 и FeCl_3 массовое содержание железа соответственно равно 34 и 44%. В последующих (в направлении продуктов коррозии) местах разрушения металла массовое содержание железа находится на уровне 50-70%. Такое содержание характерно для оксидов железа или их совместному присутствию с хлоридами железа. Более глубокое

проникновение хлора в структуру металла указывает на инициирующую роль хлористого водорода в процессе коррозии.

Литература

1. Филипчук А.Н. Кинетика высокотемпературной коррозии сталей при сжигании хлорсодержащих топлив. Энергетика № 4, 2016 г.
2. Ершов Ю.Б. Исследование образования хлорсодержащих компонентов топочных газов и разработка методов снижения высокотемпературной коррозии поверхностей нагрева котлов при сжигании “соленых” углей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, специальность 05.04.01 - Котлы, парогенераторы и камеры сгорания, Москва 1993 г.
3. Магадеев, В. Ш. Коррозия газового тракта котельных установок / В. Ш. Магадеев. — М. : Энергоиздат, 1986. — 272 с.
4. Зеликов, Е. Н. Загрязнение и коррозия пароперегревателей котлов на ТЭС, сжигающих твердые бытовые отходы и биомассу [Текст] / Е. Н. Зеликов, Г. А. Рябов, Э. П. Дик и др. // Теплоэнергетика. — 2008. — № 11. — С. 73 – 77.

Устройство и методы производства углеродных нанотрубок

Студенты Белятко Д. А., Лешкевич М. Э.

Научный руководитель – Пацеко Е. К.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Углеродные нанотрубки представляют из себя протяженные цилиндрические структуры углерода, которые имеют длину до нескольких сантиметров и диаметр от одного до нескольких десятков нанометров. На данный момент существуют технологии, которые позволяют сплести их в нити неограниченной длины. Они могут состоять из одной или нескольких графеновых плоскостей, свернутых в трубку, которые обычно заканчиваются полусферической головкой. [1]

Диаметр нанотрубок составляет несколько нанометров, то есть несколько миллиардных долей метра. Стенки углеродных нанотрубок выполнены из шестиугольников, в вершинах которых находятся атомы углерода (рис. 1). На электронные, механические, химические свойства влияет тип строения, который может быть совершенно разным. Однослойные трубки в меньшей степени дефектны, однако после отжига при высокой температуре в инертной атмосфере удается получить и бездефектные варианты трубок. Нанотрубки с большим количеством слоев отличаются от однослойных нанотрубок более широким разнообразием вариаций их конфигураций и форм. [2]

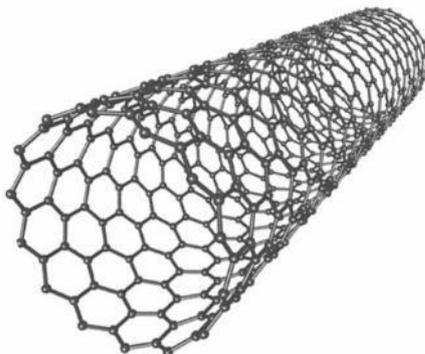


Рисунок 1 – Конфигурация однослойной углеродной нанотрубки

На рисунке 2 показана технология получения нанотрубок методом лазерного испарения. Сущность этого метода в том, что образец графита испаряется с благодаря мощному лазерному импульсу в парах инертного газа аргона. Образец заключен в прочной кварцевой трубке, которую нагревают в муфельной печи до температуры 1200 °С. Осаждение растущих нанотрубок происходит в охлаждаемом водой медном коллекторе. На поверхность мишени наносят некоторое количество кобальта и никеля в качестве катализатора. потоком инертного газа подхватывает атомы углерода, выбрасываемые внутрь кварцевой трубки после каждой вспышки лазера, и переносят к медному коллектору, где происходит окончательное образование нанотрубок. При таком методе создания нанотрубок, они имеют средний диаметр около 10...20 нм, а длина нанотрубок не превышает 100 микрон.

Технология получения нанотрубок с использованием вольтовой дуги. Сущность метода заключается в том, что нанотрубки получают, зажигая дугу между двумя графитовыми электродами, находящимися друг от друга на расстоянии 1 мм. В атмосферу гелия погружаются электроды под давлением порядка 66...67 кПа. Напряжение зажигания порядка составляет величину порядка 20-25 В. на отрицательном электроде осаждаются нано-

трубки, а частицами катализатора покрывается положительный электрод. В качестве катализаторов могут использоваться не только кобальт или никель, но также и другие металлы, такие как железо, молибден, золото, иттрий и многие другие. Общепринято представление о том, что частицы катализатора являются зародышами образования нанотрубок, но относительно конкретного механизма воздействия частиц катализатора единого мнения нет. Согласно одной из гипотез, атомы катализатора оббегают растущую нанотрубку по диаметру и способствуют присоединению к ней новых атомов углерода слой за слоем. Следует отметить, что без катализатора также возможно образование нанотрубок, но они в большинстве случаев получаются многослойными (то есть вложенными одна в другую). В любом случае, в процессе синтеза обычно получается смесь нанотрубок разных типов и в различных пропорциях, которую нужно дополнительно разделять для получения заданного типа нанотрубок в чистом виде.

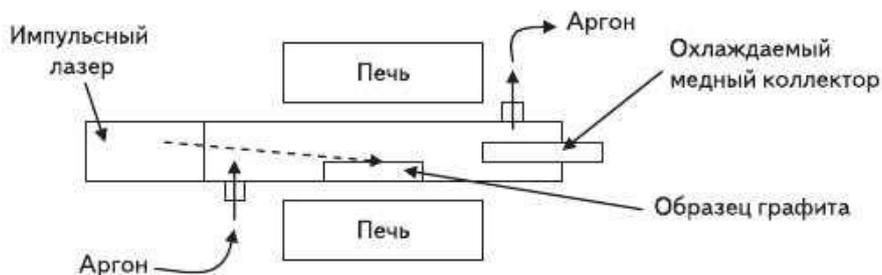


Рисунок 2 – Схема технологии получения углеродных нанотрубок лазерным методом

На сегодняшний момент CVD технология получения нанотрубок (метод химического осаждения из паровой фазы (chemical vapor deposition)) наиболее перспективный, потому что он позволяет получать готовый продукт в непрерывном режиме и обеспечивает более гибкое управление параметрами техпроцесса их создания. Принцип действия установки (рис. 3) основан на разложении метана под действием температуры или другого углеродсодержащего газа и осаждении атомов углерода на более холодной, покрытой частицами катализатора, подложке. Происходит рост нанотрубок под воздействием катализатора на подложке. Подложка помещена в емкость, разогреваемую каким-либо способом до рабочей температуры процесса 1100 °С. Стабильный технологический цикл производства нанотрубок не позволяет организовать применение чистого метана в качестве исходного сырья, поскольку в результате разложения метана при высокой температуре на подложке осаждаются не только нанотрубки, но также большое количество аморфных соединений углерода, которые покрывают частицы катализатора и тем самым инактивируют их, прерывая процесс роста нанотрубок. Группа японских ученых предложила добавлять в состав газовой смеси пары воды из расчета 1/10 000 часть водяного пара на остальные части газовой смеси для борьбы с этим явлением, в число которых кроме метана могут также входить какие-либо инертные газы. Аморфный углерод стал эффективно связываться в результате добавления водяного пара, оставляя частицы катализатора в активном состоянии, что позволило организовать непрерывный цикл получения нанотрубок. Кроме того, добавление водяного пара также позволило улучшить характеристики получаемого продукта. В частности, удалось получить более упорядоченные пакеты нанотрубок. [3]



Рисунок 3 – Схема CVD технологии получения нанотрубок

Литература

1. Маркетинговые исследования. Новые технологии и материалы, наука, инновации, нанотехнологии: [Электронный ресурс]. М., 1999-2020. URL: <https://research.techart.ru>. (Дата обращения: 30.10.2020).
2. Консалдинг и аутсорсинг в области чистых технологий: [Электронный ресурс]. М., 2007-2020. URL: <http://www.cleandex.ru>. (Дата обращения: 02.11.2020).
3. Компоненты и технологии: [Электронный ресурс]. М., 2020. URL: <https://kit-e.ru>. (Дата обращения: 02.11.2020).

Особенности структурообразования при термоциклировании в вакууме

Магистрант МТФ Верещак Н.А.
 Научный руководитель – профессор Константинов В.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Одной из актуальных задач современного металловедения является повышение конструкционной прочности стальных изделий. Традиционные пути упрочнения во многом исчерпаны. Многочисленные исследования и практический опыт показали, что метод ТЦО является весьма эффективным для ряда механических свойств стали.

Целью настоящей работы является изучение особенностей структурообразования поверхности и сердцевины сталей при термоциклических режимах ТО и ХТО в условиях вакуума.

Исследование проводилось на установке ионно-плазменного азотирования производства ФТИ НАН Республики Беларусь. График процесса представлен на рисунке 1.

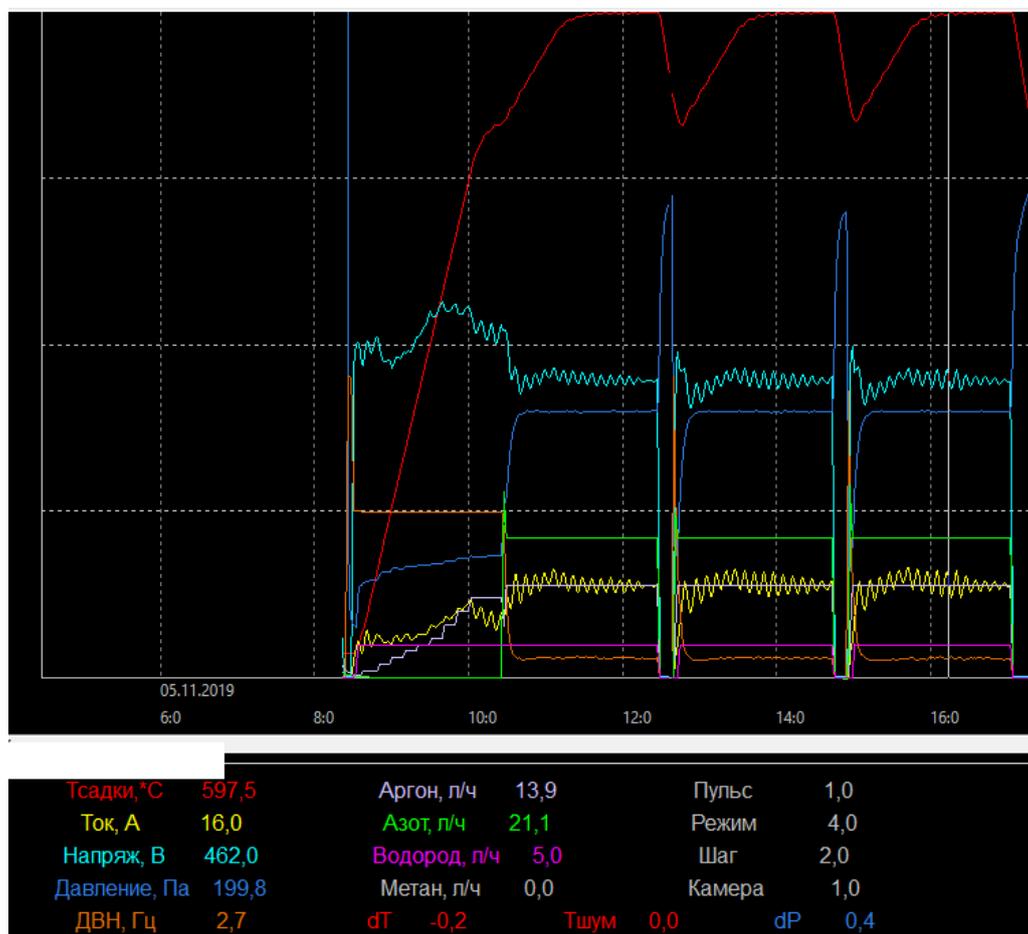


Рисунок 1 – График термоциклирования

Образцы марки Сталь 45 подверглись трем циклам нагрева и охлаждения в диапазоне температур 500...600 °C в вакууме (200...350 Па) с выдержкой при максимальной температуре в течение одного часа.

Как и ожидалось, азотированный слой на поверхности исследуемых образцов не сформировался. Однако получены примечательные результаты по микроструктуре. Выяснилось, что предварительная термическая обработка влияет на структурообразование. Исследовались

образцы в исходном (равновесном) состоянии, образцы после закалки, а также образцы после закалки и отпуска при температурах 200, 400 и 600 °С.

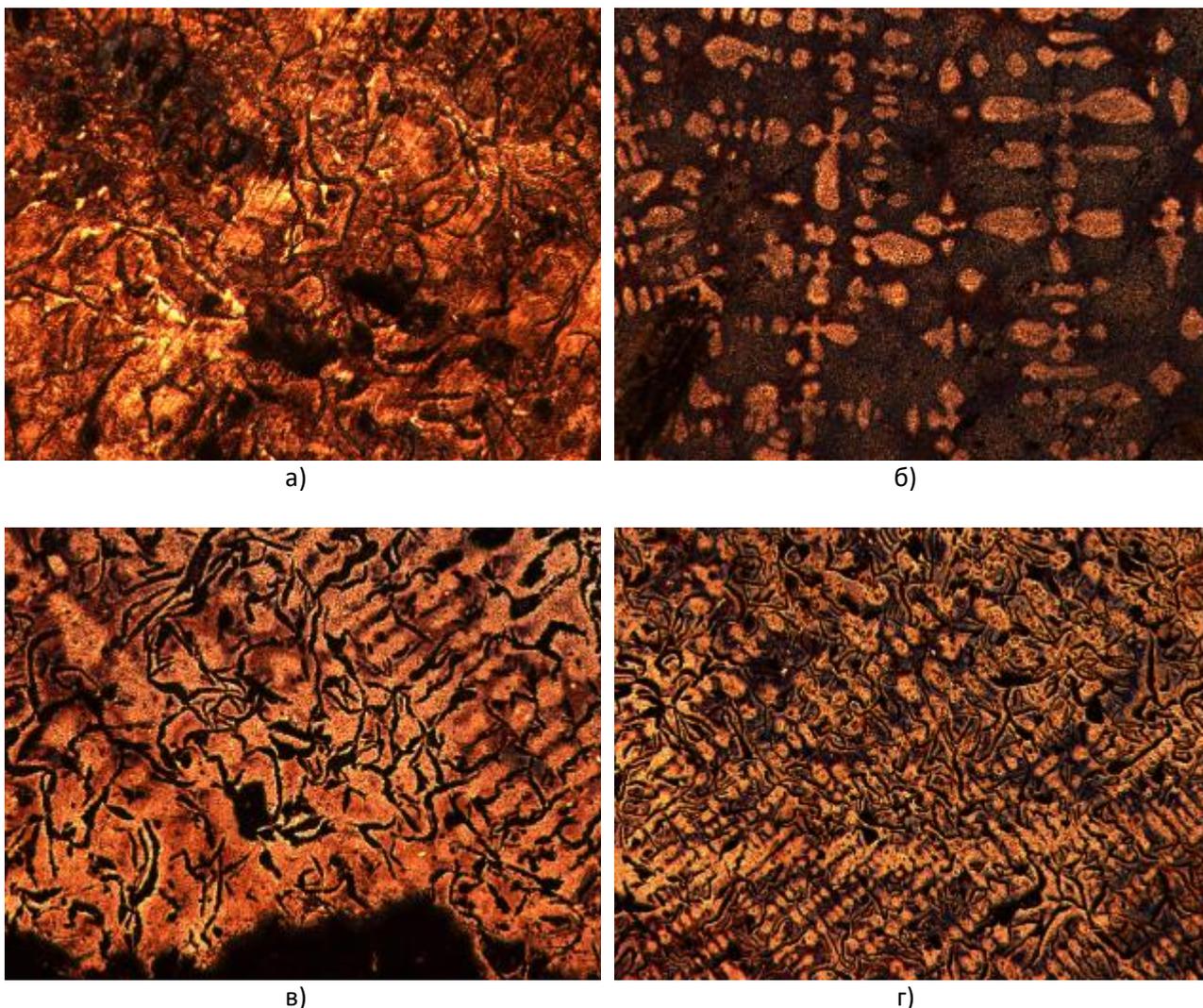


Рисунок 2 – Микроструктуры образцов Сталь 45 после термоциклирования: а) в исходном состоянии; б) после закалки; в) закалка + отпуск 400 °С; г) закалка + отпуск 600 °С

Как видим, термоциклирование в условиях вакуума «ломает» привычные представления о структурообразовании в сталях. Образец в исходном состоянии чем-то стал напоминать серый чугун с пластинчатым графитом, у образцов после закалки и отпуска проявилась дендритная структура.

Планируется провести более углубленное исследование данных образцов. Необходимо выяснить, как полученное строение влияет на физические, технологические и механические свойства стали и дать объяснение протекающим процессам.

Исследование и анализ причин разрушения «Титаника» с точки зрения материаловедения

Студент Коротцов А.М.
Научный руководитель – Пацеко Е.К.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г.Минск

Потопление «Титаника» стало одной из самых известных катастроф в истории. Из-за ужасного количества человеческих жертв и гибели того, что все считали «непотопляемым» кораблем, люди заинтригованы, что же стало причиной быстрого потопления «Титаника». После погружения появилось несколько теорий, объясняющих события, произошедшие в ту роковую ночь. В данной работе представлена наиболее вероятная теория, которая стала доминирующей в результате доказательств, полученных во время нескольких экспедиций к месту «Титаника».

Выход из строя корпуса произошел в результате хрупких трещин, вызванных высоким содержанием серы в стали, низкой температурой воды в ночь катастрофы и высокой ударной нагрузкой столкновения с айсбергом. Когда «Титаник» ударился об айсберг, плиты корпуса раскололись и продолжали трескаться, когда вода затопила корабль. Низкие температуры воды и высокая ударная нагрузка также вызвали хрупкий отрыв заклепок, используемых для крепления плит корпуса к основной конструкции корабля, что нарушило герметизацию и обеспечило ещё один вход для воды.

Быстрое потопление усугубилось из-за плохой конструкции поперечных переборок водонепроницаемых отсеков. По мере затопления водой повреждённых отсеков корпуса корабль стал накреняться вперёд, а вода в повреждённых отсеках смогла переливаться в смежные отсеки.

Понимание причин быстрого потопления «Титаника» необходимо для предотвращения подобных аварий в будущем. Изменения, внесенные в конструкцию судна и правила безопасности после катастрофы, помогли сократить число жертв аварий на море. Примерами являются успешные спасения 1600 пассажиров и экипажа с «Андреа Дориа» в 1956 году, 700 пассажиров с «Принсендама» в 1980 году и всех пассажиров и экипажа с «Михаила Лермонтова» в 1986 году и «Океана» в 1992 году.

Анализ характеристик разрушения корпуса «Титаника» показал, что уровень серы, измеренный в стали, выше, чем приемлемый в современных сталях, как и концентрация фосфора. В стали было также обнаружено низкое содержание марганца. Это может привести к охрупчиванию серы, если марганца недостаточно для связывания всей серы в частицах MnS . На рисунке 1 показаны образцы сталей 25Г современного образца и используемая более 100 лет назад, подвергнутые разрушающему контролю на ударную вязкость. Как мы можем отметить, современный образец имеет вязкий излом, чего не скажешь о втором образце.

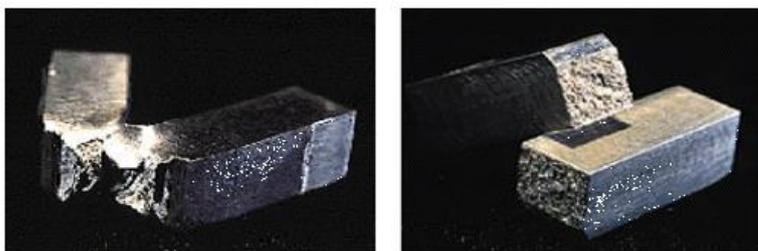


Рисунок 1 – Результаты теста на ударную вязкость. Справа – образец металла который использовался при производстве Титаника, слева – современная сталь

Утверждалось, что содержание серы в стали корпуса было значительно выше стандарта, это было бы нерациональным с точки зрения разрыва, учитывая вредное влияние серы на вязкость при разрушении. Однако важно, чтобы один взгляд на стандарт содержания серы из исторической точки зрения. Стандарт содержания серы для конструкционной мягкой стали не более 0,05% сегодня. В 1906 году стандарт, который был бы на момент постройки корабля, был 0,04%.

Хорошо известно, что сплавы на основе железа проявляют чувствительность к скорости деформации при разрушении. То есть, чем более быстрое нагружение трещины, тем более хрупкий характер трещины. Существует как прямое, так и косвенное доказательства того, что сталь, использованная в корпусе "Титаника" и её родственных кораблей, демонстрировала такое поведение.

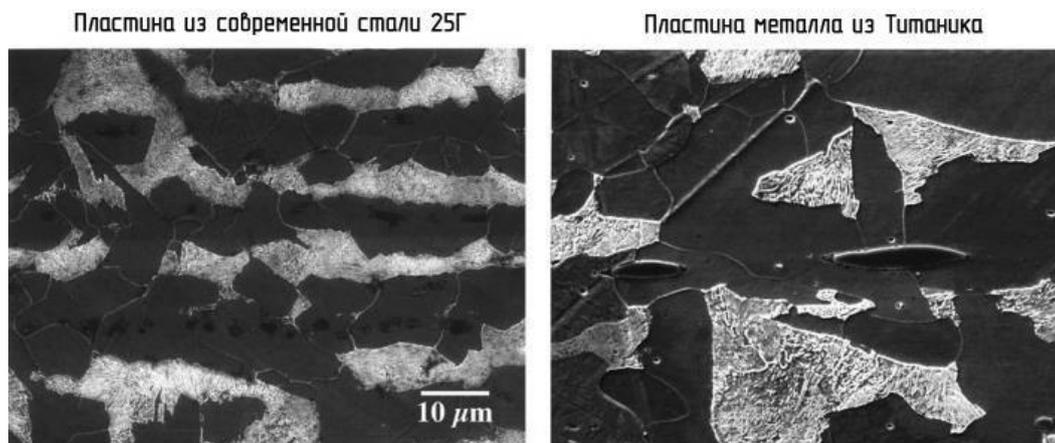


Рисунок 2 – Сравнение микроструктур современной стали 25Г и стали которая использовалась в производстве «Титаника»

Были обнаружены тенденции, касающиеся микроструктурных характеристик мягкой стали с ферритом и перлитом. В целом, большие размеры ферритовых зерен (рис. 2) дают более низкие значения вязкости. В литературе есть свод работ, о том, что размер, форма и распределение карбидов в мягкой стали является доминирующим фактором при определении формы и расположения температуры хрупкого-пластичного перехода. Поскольку сталь из корпуса, по-видимому, была охлаждена воздухом и не отожжена, большая часть углерода, находящегося в твердом растворе связывается в перлите.

Присутствие и большой размер частиц MnS считаются вредными для устойчивости к разрушению, поскольку они действуют как инициаторы трещин в стали при температурах вблизи порога хладноломкости.

Обобщая вышеприведенное, можно перейти к следующим выводам:

- Сталь, использованная для изготовления корпуса «Титаника», хотя и достаточная по прочности, обладала очень низкой вязкостью разрушения при температуре ледяной воды.
- Низкая вязкость, вероятно, была обусловлена сложной комбинацией факторов, включая низкое содержание марганца, низкое отношение марганца к углероду, большой размер ферритных зерен и крупные перлитные скопления.
- Очевидно, что существует большое различие в свойствах среди 2000 пластин, которые составили корпус парохода. Этот вывод основан на очень различных микроструктурах и поведении разломов, наблюдаемые в двух образцах пластин, извлеченных на сегодняшний день. Это нормальный результат – изменчивость исходного сырья тех лет.
- Эта изменчивость затрудняет определение влияния частиц MnS и микротрещин в топке корабля.
- Возможно, что хрупкая сталь способствовала повреждению в носовой части из-за удара айсберга, но гораздо более вероятно, что хрупкая сталь была фактором разрушения корабля на поверхности.

- Могли бы быть предприняты шаги по термической обработке стали для улучшения ее свойств разрушения, но этих знаний просто не было в 1911 году.

Литература

1. Foecke, T. J. Metallurgy of the RMS Titanic / T. J. Foecke // NIST Interagency / Internal Report – 1998., – 28 p.
2. Bassett, V. Causes and Effects of the Rapid Sinking of the Titanic / V. Bassett // Undergraduate Engineering Review. – 1998

Материалы для упругих элементов в приборостроении

Студент Орловский М. А.
Научный руководитель – Пацеко Е. К.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Наверное, в детстве каждый из нас мог лицезреть часы, не работающие по принципу микросхем или проводков. Старинный будильник, который дети СССР в фильмах прячут под подушку, дабы не идти в школу и поспать лишнее время. Когда бабушка разобрала его, чтобы показать, как он работает, для меня стало огромным удивлением, что столь непостижимый моему уму волшебный предмет работает не благодаря каким-то маленьким людям внутри... В действие будильник приводила вполне обыкновенная в 21-ом веке вещь – заведённая пружина. И она до сих пор активно участвует в нашей жизни: амортизаторы на наших велосипедах и машинах; предохранительные, затворные клапаны и др.

На данный момент пружинные материалы кроме высоких пределов упругости, выносливости и релаксационной стойкости, должны обладать высокой коррозионной стойкостью, немагнитностью и электропроводимостью. Но были ли такие требования в те времена, когда человек использовал те же законы, по которым основаны пружинные материалы и даже не полагал, что делает это? Самыми первыми пружинными материалами стали дерево и почти все виды металлов (медь, железо, бронза, сталь и т. д.). Да, ещё во времена до нашей эры первобытные люди придумали лук для охоты и войны – чем вам не использование пружинных материалов? Археологи обнаружили ножницы в Турции, материалом которого служит железо и сохранились они примерно со 2-го века нашей эры. Все эти вещи используют внезапное освобождение механической (потенциальной) энергии, так что я вполне могу утверждать то, что вышперечисленные материалы являются самыми первыми пружинными материалами. Использование их было полезным в то время, однако сейчас прогресс требует более новейших решений.

В приборостроении применяются не только стальные пружины, но и пружины, сделанные из других металлов. При выборе материала приходится принимать во многих случаях принимать во внимание электропроводимость, коэффициент линейного расширения, изменения модуля упругости в зависимости от изменения температуры и другие специальные условия, в которых должен работать упругий элемент. В приборостроении для изготовления упругих элементов (пружины, мембраны, сильфоны и т.д.) требуется материал, обладающий высокими упругими свойствами до температуры 300...600 °С, пластичностью, прямолинейным ходом изменения модуля упругости при температурах 20...600 °С, немагнитностью, коррозионной стойкостью и т.д. Для этой цели используют цветные металлы (латуни, бронзы и др.), а также аустенитные железохромоникелевые сплавы. На данный момент используются термически упрочненные сплавы металлов, которые соответствуют ГОСТУ 18175-78, которые проходят сложные процессы закалки и старения. Это сплавы: БрБ2, БрБНТ1,9, БрБНТ1,9Мг и З6НХТЮ. Это безоловянные бериллиевые бронзы, микролегированные в различных случаях бором и магнием.

БрБ2 – это безоловянная бериллиевая бронза, обрабатываемая давлением и легированная никелем. Б2 означает, что 2% от материала составляет химический элемент бериллий. Он требуется для повышения предела упругости, что будет повышать и качество соответственно. За счёт содержания в БрБ2 лишь бериллия и никеля, этот материал отличается самой низкой стоимостью среди остальных бериллиевых бронз. Потому он широко распространён и используется в приборостроении.

Не менее используемыми являются БрБНТ1,9 и БрБНТ1,9Мг. В отличие от БрБ2, БрБНТ1,9 легирована ещё и титаном, хоть и содержание никеля в ней немного меньше. Предел упругости у неё 650 МПа (у БрБ2 – 600 МПа), что делает её не только дороже БрБ2, но и

качественнее. БрБНТ1,9Мг микролегирована магнием (около 0,1%), что также повышает предел упругости материала.

Сплав 36НХТЮ является дисперсионно-твердеющим на железоникелевой основе. Он отличается от БрБ2 и БрБНТ1,9 тем, что обладает более высоким модулем упругости, а это снижает допустимые упругие деформации элемента. Содержит в себе 36% никеля, а также легирован алюминием и хромом, что однозначно повышает предел упругости. Среди всех представленных материалов 36НХТЮ обладает самым высоким пределом упругости в 800 МПа.

В заключение важно отметить, что современные пружинные материалы будут ещё долгое время оставаться актуальными. Но прогресс не стоит на месте и будут появляться новые способы усовершенствования сплавов, тем самым создавая более новые решения старых проблем.

Список используемой литературы

1. Гевондян, Т. А., Киселев, Л. Т. Детали механизмов точной механики / Т. А. Гевондян, Л. Т. Киселев. – М.: Гос. изд. оборонной промышленности, 1953. – 231 с.
2. Лахтин, Ю. М., Леонтьева, В. П. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1972. – 510 с.
3. Уральский пружинный завод: [Электронный ресурс]. Белорецк, 2008-2020. URL: <https://usprings.ru/> (Дата обращения: 02.11.2020)
4. Спринг-центр: [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2008-2020. URL: <http://www.spring-centr.ru/articles/17930/> (Дата обращения: 28.10.2020)

Термическая обработка не теплостойких инструментальных сталей

Алимбабаева Зулхумор Латиповна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина в г.Ташкенте.
Пардаева Гулчехра Турдиевна, Комилова Гулчехра Мураджановна,
Аликулов Адхам Холтожи угли
Ташкентский Государственный Технический Университет

Термической обработка не теплостойких инструментальных сталей включает нагрев исходно отожженных (равновесных) структур на 30-50°C выше точки A_{c1} закалку в масло или в воду и низкий отпуск. В целях улучшения механических свойств и износостойкости предлагается различные варианты термической обработки, включающие многофакторную фазовую перекристаллизацию. в настоящих исследованиях были использованы режимы с двойной фазовой перекристаллизацией, причем первая – высокотемпературная. Объектами исследований были стали У8А, У10А, У12А, 5ХНМ, ШХ15, 9ХС. Образцы указанных сталей подвергали термической обработке с двойной фазовой перекристаллизацией. Первая перекристаллизация проводилась с нагревом до различных температур, начиная от обычно принятых, до 1200°C. После нагрева проводили закалку в масло и промежуточный отпуск. Вторая фазовая перекристаллизация проводилась с нагревом только до обычно принятых для каждой стали температур. Исследовали износостойкость в условиях резания проходными резцами при продольном точении заготовок. Определяли уровень дефектности кристаллической решетки, степень тетрагональности мартенсита, количество остаточного аустенита, дисперсность и количество карбидной фазы. Уровень деформации оценивали по изменению длины и диаметр специальных образцов $\varnothing 15$ и длиной 50 мм. Как показали рентгеноструктурные исследования, для указанных выше марок стали, максимальный уровень дефектности кристаллического строения наблюдается после закалок с $110 \div 150^\circ\text{C}$. После новой фазовой перекристаллизации вследствие влияния нагрева в определенной степени сохраняется повышенный уровень дефектности решетки, полученный в результате первой высокотемпературной закалки. Промежуточный отпуск проводили с целью снятия внутренних напряжений, стабилизации и полигонизации дислокационной структуры, обеспечения измельчения зерна аустенита при проведении окончательной термической обработки. Выход на оптимальные режимы промежуточного отпуска проводили методами математического планирования эксперимента. Было установлено, что оптимальной температурой промежуточного отпуска является: 450 °C для У12А и ШХ15, 600°C для 9ХС. Исследования показали, что тетрагональность мартенсита и, следовательно, содержание в нем углерода после предварительной закалки с экстремальных температур и повторной фазовой перекристаллизации оказывается ниже, чем после стандартной термообработки при одинаковом уровне твердости. Очевидно, это связано с миграцией атомов углерода к дислокациям. Различное состояние твердого раствора в зависимости от температуры предварительной закалки, от уровня дефектности кристаллического строения меняется количество избыточной фазы – карбидов – после проведения окончательной термической обработки. Микроструктурными исследованиями, а также проведением карбидного анализа на образцах из стали ШХ15 обнаружено, что количество избыточных карбидов после второй закалки от стандартных температур всегда меньше, если предварительная закалка была проведена с $110 \div 1150^\circ\text{C}$. Перемещение атомов углерода к дислокациям уменьшает удельный объем мартенситной фазы, что, в свою очередь, сказывается на общем уровне объемных изменений, происходящих в результате фазовых превращений при закалке. Проведенные замеры на образцах из стали ШХ15 показали, что минимальный прирост геометрических размеров наблюдается при проведении закалки с 1100°C . Промежуточный отпуск и повторная закалка не меняют этой закономерности. При этой же температур для данной марки стали были зафиксировано минимальная степень тетрагональности мартенсита. Окончательная деформации после проведения термообработки по указанному режиму оказалась меньше, чем для специально размотанных режимов, уменьшающих деформации. Стойкостные испытания режущего

и формообразующего штампового инструмента показали, что определяющее влияние на износостойкость инструмента оказывает состояние матрицы стали, уровень дефектности кристаллического строения. Наибольшую стойкость при резании имел инструмент, прошедший термическую обработку по режимам, обеспечивающим максимальный уровень дефектности решетки. В сравнении с резами после стандартной термической обработки рост стойкости резцов, прошедших термообработку с двойной фазовой перекристаллизацией, составил: У12А без СОЖ-1,47+1,80 раза, с СОЖ-1,42-1,80 раза; 0ХС без СОЖ-2,0+2,8 раза, с СОЖ-1,63-2,22 раза.

Такая термическая обработка позволяет получить образцы с различной величиной аустенитного зерна, а также фиксировать при быстром охлаждении различную плотность дефектов кристаллического строения, при одинаковой твердости. Твердость образцов стали 5ХНМ после закалки колебалось пределах HRC 59-61.

Закаленные образцы подвергали отпуску при температурах: 200,450,500,550,600⁰ С. После окончательной термообработки образцы на износ со шлифовали до диаметра 2 мм (исходные диаметр 4мм) на без центра шлифовальном станке, при обильном охлаждении. Рентгенограмма снимали на установке ДРОН -2, методом шагового сканирования на излучения железного анода. О дефектности кристаллического строения альфа-фазы судили по изменению физической ширины рентгеновской линии (220). Однако на практике использовать этот режим затруднительно в связи с ростом аустенитного зерна при повышении температуры закалки и уменьшения сопротивления стали отрыву. Для измельчения зерна часть исходно закаленных образцов подвергали повторной фазовой перекристаллизации закалки с температурой Ас₃₊₃₀₊₅₀ 0 с. Перед повторной закалкой образцы были подвергнуты промежуточному отпуску при температурах 450,500⁰ С. Предполагалось, что частицы второй фазы выделившиеся при отпуске будут способствовать закреплению дислокации и переносу их в новой состоянии стали при повторной закалки.

Литература

1. Ржевская С.В. Материаловедение. Изд-во “Лотос” Москва. 2004. – 422 с.
2. Черепяхин А.А. Материаловедение. Изд-во “Лотос”, Москва, 2004. – 256 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение / Гуляев А.П. — М. Альянс, 2015. — 644 с.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов / Лахтин Ю.М. — М. Альянс, 2015. — 447 с.

Исследование влияния варьирования технологических параметров при 3D-печати PLA пластиком на прочностные характеристики изделий

Магистрант Савченя А. А.
Научный руководитель - к.т.н., доцент Ермаков А.И.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Основными проблемами современного машиностроения является повышение надежности и долговечности деталей и узлов механизмов, наряду с постоянным снижением металлоемкости конструкций. Одним из перспективных вариантов замены, является использование в конструкциях узлов пластиков, в частности, полимолочной кислоты (PLA).

Однако, не смотря на широкое распространение 3D-печати PLA пластиком, в открытом доступе практически отсутствуют данные о механических характеристиках изготавливаемых изделий. Поэтому, исследование режимов 3D-печати PLA пластиком, влияющих на механические характеристики изделий представляет серьёзный научный интерес.

Для установления механических характеристик изделия с различными технологическими параметрами, их необходимо подвергнуть серии испытаний, среди основных – испытания на разрыв. Испытания образца необходимы для установления прочности, что является особо важным параметром при дальнейшем его использовании. Данные испытания были проведены на гидравлической разрывной машине с измерительным программным комплексом в комплекте Kason WAW-300, где образец подвергался растягивающим усилиям до разрушения. Прибор, установленный на машине, определяет масштаб растяжения в виде диаграммы.

Определение прочности образца при растяжении проводится согласно ГОСТ 11262, а определение модуля упругости – ГОСТ 9550-81. Спроектированная 3D-модель в программе SOLIDWORK и напечатанная на 3D-принтере, соответствует типу и размерам, указанным в ГОСТ.

В работе было использовано четыре типа формы заполнения: треугольный, сотовый, линия и печать на ребре. Был подобран оптимальный процент заполнения, он определяет какое количество пластика будет находиться внутри образца, выбор был остановлен на 20% [1].

Испытания на растяжение были проведены при температуре $23 \pm 2^\circ\text{C}$ в соответствии с ГОСТ 11262–80 и ГОСТ 9550–81. Перед испытаниями замерили ширину и толщину образцов в рабочей части с точностью до 0,01 мм в трех местах и вычислили площадь поперечного сечения.

Образцы были закреплены в зажимы испытательной машины по меткам, определяющим положение кромок зажимов, таким образом, чтобы продольные оси зажимов и ось образца совпадали между собой и с направлением движения подвижного зажима. Зажимы затягивались равномерно, чтобы не было проскальзывания образца в процессе испытания, но при этом не происходило его разрушение в месте закрепления. Затем образцы нагружались возрастающей нагрузкой, скорости раздвижения зажимов составила 5 мм/мин при определении прочности и относительного остаточного удлинения. В момент разрушения фиксировалось усилие. Печать образцов проводилась при постоянной температуре сопла – 215°C и нагревательного столика – 55°C [2]. Скорость печати – 60 мм/с. По результатам испытаний были получены данные, представленные в таблице 1.

При испытании на растяжение лучше всего зарекомендовало себя продольное расположение волокон (ребро), в связи с тем, что оно наиболее приближено к исходным характеристикам материала и меньшее воздействие оказывают параметры, влияющие на склеивание слоев.

Таблица 1 – Прочностные характеристики исследуемых образцов

Образец/№ Повтора		Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.	Модуль упр.	Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.
		Fm (Max Force), Кн		Fr, МПа		E, МПа	Fm (Max Force) Кн		Fr, МПа	
		Среднее значение								
Треугольник	1	1,09	27,25	0,71	17,75	0,41	1,11	27,75	0,74	18,42
	2	1,11	27,75	0,74	18,5	0,46				
	3	1,13	28,25	0,76	19	0,33				
Соты	1	1,17	29,25	0,76	19	0,47	1,15	28,67	0,73	18,25
	2	1,12	28	0,71	17,75	0,48				
	3	1,15	28,75	0,72	18	0,36				
Линия	1	1,02	25,5	0,67	16,75	0,46	1,08	26,92	0,68	16,5
	2	1,1	27,5	0,7	17,5	0,32				
	3	1,11	27,75	0,67	15,25	0,38				
Ребро	1	1,62	40,5	0,96	24	0,53	1,53	38,25	0,90	22,42
	2	1,35	33,75	0,77	19,25	0,41				
	3	1,62	40,5	0,96	24	0,53				

Тем не менее следует отметить, что результаты, приведенные в таблице 1 справедливы только для нагрузки, приложенной перпендикулярно направлению волокон, в случае же приложения нагрузки вдоль волокна прочностные характеристики значительно снижаются, то есть существует сильная корреляция характеристик между направлением нагрузки и волокна.

Полученные экспериментальные и теоретические данные могут быть использованы для углубления и корректировки существующих теоретических моделей, описывающих процессы 3D-печати.

Литература

1. Савченя, А. А., Исследование влияния формы заполнения ячеек при 3D-печати PLA пластиком на механические характеристики изделий / А. А. Савченя, А. И. Ермаков, А. В. Иванов // Материалы XIII международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», – Могилёв: МГУП, 2020. Т. 2. – С. 35-36.

2. Савченя А. А., Исследование влияния технологических-параметров 3D-печати PLA пластиком на механические характеристики изделий / А. А. Савченя, А. И. Ермаков // Материалы 16-го Международного научно-практического семинара «Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий», проводимого в рамках 18-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», – Минск, 2020, – С. 231-232.

Обзор современных сверхпроводниковых технологий и материалов в технике

Студент Игнатенко Р.В.

Научный руководитель – к.т.н. Ковальчук А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сверхпроводимость – это свойство некоторых материалов обладать нулевым электрическим сопротивлением при достижении ими критической температуры. Сверхпроводимостью обладают металлы и их сплавы, полупроводники, а также керамические материалы и другие вещества. Существуют даже сверхпроводящие сплавы и материалы. У них один из элементов или все элементы, входящих в его состав, могут и не быть сверхпроводниками. Например, сплавы ртути с золотом и оловом. Сверхпроводящее состояние в материале возникает не постепенно, а скачкообразно – при достижении температуры ниже критической. Выше этой температуры металл, сплав или иной материал находится в нормальном состоянии, а ниже ее – в сверхпроводящем. Для некоторых веществ переход в сверхпроводящее состояние становится возможным при определенных внешних условиях.

Сверхпроводимость сопровождается эффектами исчезновения электрического сопротивления и выталкивания магнитного поля из объема сверхпроводящего материала. Важное значение имеют критический ток и критическое магнитное поле – определенное значение напряженности магнитного поля, по достижении которого сверхпроводник теряет свойство сверхпроводимости. Явление сверхпроводимости может быть продемонстрировано следующим образом: если взять проводник, закольцевать его, сделав замкнутый электрический контур, охладить его до температуры ниже критической и подвести к нему электрический ток, а после чего убрать источник электрического тока, то электрический ток в таком проводнике будет существовать неограниченно долгое время.

В настоящее время разработаны сверхпроводники, обладающие свойством сверхпроводимости при комнатной температуре. Например, охлаждая металлическую ртуть при температуре, близкой к абсолютному нулю (4,15 К), удельное электрическое сопротивление ртути падает практически до нуля. Широко применяемыми металлами, переходящими в сверхпроводящее состояние при низких температурах, также являются свинец и олово. В соответствии с характером перехода из сверхпроводящего состояния в нормальное, при увеличении магнитного поля различают сверхпроводники I рода (Pb, Hg, In, Sn, Al) и II рода (Nb, V, Tc). Сверхпроводники I рода переходят в нормальное состояние скачкообразно, при строго определенной критической напряженности поля, а у сверхпроводников II рода этот переход совершается постепенно. Высокотемпературными сверхпроводниками называют сверхпроводники с критической температурой выше температуры существования жидкого азота (77 К). [1]

ругих электронных устройств), токопроводов сверхпроводящих магнитных систем и других.

Сплав БТЦ-ВД, изготавливается методом вакуумно-дуговой выплавки. Критический ток на единицу ширины холоднокатаной ленты толщиной 20 мкм и шириной 90-100 мм не ниже $(8,5-9,0) \cdot 10$ А/м, температура сверхпроводящего перехода 8,5-9,0 К, временное сопротивление разрыву 100-110 Н/мм. Сплав устойчив к коррозии в воздушной атмосфере и химически агрессивных средах. Сплав БТЦ-ВД применяют для изготовления сверхпроводниковых топологических генераторов коммутаторов в системах ввода и вывода энергии сверхпроводящих магнитов, различных криогенных конструкций, аппаратов формирования магнитных полей, томографов (медицинских), спектрографов, детекторов столкновения частиц и многих других. [2]

В электронике сверхпроводимость находит широкое применение в компьютерных технологиях. Промышленное применение сверхпроводимости связано с генерированием, передачей и эффективным использованием электроэнергии, а также при получении сверхсильных магнитных полей. Кроме того, сверхпроводники широко применяются в генераторах тока и электродвигателях.

Сверхпроводящие соленоиды позволяют получать однородные магнитные поля напряженностью свыше 10^7 А/м в достаточно большой области пространства, в то время как пределом обычных электромагнитов с железными сердечниками являются напряженности порядка 10^6 А/м. К тому же в сверхпроводящих магнитных системах циркулирует незатухающий ток, поэтому не требуются внешних источников питания. В будущем, следует предполагать, что сверхпроводимость будет широко использоваться в энергетике, промышленности, на транспорте и гораздо шире в медицине и электронике. [3]

Литература

1. В. Л. Гинзбург, Е. А. Андрюшин. Сверхпроводимость. – М.: Альфа-М, 2006. – 72 с.
2. Мнян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. Книга для учащихся – М.: Просвещение, 1991. – 87 с.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. 2-е издание, М.: МЦНМО, 2000. – 171 с.

Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка

**Исследование вязкости составов цинксодержащих красок
на основе дисперсного отхода горячего цинкования
и физико-механических свойств покрытий**

Магистрант Карпенкин А.А.
Студенты Миношин В.В., Труханович Д.В.,
Алексиевич Е.В.
Научный руководитель - Урбанович Н.И.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Лакокрасочные покрытия в процессе эксплуатации практически всегда находятся под действием внешних и внутренних напряжений, поэтому для оценки качества лакокрасочных материалов и долговечности покрытий обязательным является испытание их на физико-механические и физико-химические свойства. К одним из таких свойств можно отнести: вязкость (ГОСТ 8420-74); прочность пленки при ударе (ГОСТ 4765-73); адгезию покрытия (ГОСТ 15140-78).

Жидкие цинкнаполненные краски могут быть изготовлены на разных пленкообразователях: жидком стекле, этилсиликате, полистироле, эпоксидах и др. Для изготовления экспериментальных составов красок на основе дисперсного отхода горячего цинкования с частицами шаровидной формы фракцией 3 – 15 мкм использовали пленкообразователи (связующие): калиевое жидкое стекло, этилсиликатное и акриловое связующее. Для сравнения свойств на этих же связующих были получены краски, в качестве наполнителя в которых использовали цинковый порошок марки Inst 800, имеющий частицы круглой формы размером 3 - 5 мкм и с содержанием небольшого количества частиц размером 15 мкм. По результатам, проведенного литературного анализа при изготовлении цинкнаполненных композиций соблюдали требование, чтобы массовое соотношение цинкового порошка к пленкообразователю в покрытии составляло 90:10. Размешивание осуществляли лабораторной мешалкой, для чего в наполненную ёмкость пленкообразователем постепенно добавляли цинковый порошок. Размешивание краски осуществляли в течении 30 секунд. Составы цинкнаполненных композиций, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы цинкнаполненных композиций

№ композиции (№ образца)	Пигмент, форма и размер фракции, мкм	Пленкообразователь	Толщина покрытия, мкм
01	Порошок цинка марки Inst 800, круглая, 3-5,15	Жидкое стекло калиевое	120 - 170
02	Порошок цинка марки Inst 800, круглая, 3-5,15	Этилсиликат	120 - 170
03	Порошок цинка марки Inst 800, круглая, 3-5,15	Акрил	90-120
11	Отход горячего цинкования	Жидкое стекло калиевое	100-130
12	Отход горячего цинкования	Этилсиликат	30-40
13	Отход горячего цинкования	Акрил	60-80

Вязкость – свойство жидких лакокрасочных материалов сопротивляться внешнему воздействию, перемешиванию или течению. Вязкость может быть абсолютной (динамической), относительной и условной. Определение условной вязкости осуществляли с помощью вискозиметра ВЗ-4. Результаты исследований вязкости разных составов красок представлены на рисунке 1.

К одним из физико-механических свойств лакокрасочных покрытий относятся адгезия и прочность при ударе.

Покрытия для испытаний на адгезию и прочности пленки при ударе получали нанесением слоя краски вышеприведенных составов на пластины из листовой холоднокатаной стали марки 08кп размером 150 x 70 x 0,8 мм. Лакокрасочный материал наносили кистью на одну сторону пластины. Перед испытанием измеряли толщину покрытий с помощью прибора «Константа 5К». Определение адгезии лакокрасочных покрытий в данной работе производили методом решетчатого надреза в соответствии с ГОСТ 15140-78. Метод определения прочности пленок при ударе основан на мгновенной деформации металлической пластины с лакокрасочным покрытием при свободном падении груза на образец и реализуется с помощью прибора «Константа У-2М», который предназначен для контроля ударной прочности полимерных, порошковых и лакокрасочных покрытий в соответствии со стандартом ISO 6272 или по ГОСТ 4765-73. На рисунках 1, 2, 3 представлены результаты исследований в виде гистограмм, которые наглядно показывают, что по сравнению с цинксодержащими красками, наполнителем которых является стандартный цинковый порошок, взятый за эталон, краски, в качестве наполнителя которых использовали дисперсный отход горячего цинкования, практически не отличаются по значениям показателей условной вязкости и физико-механических свойств покрытия. А данные свойства в большей степени зависят от типа и качества пленкообразователя.

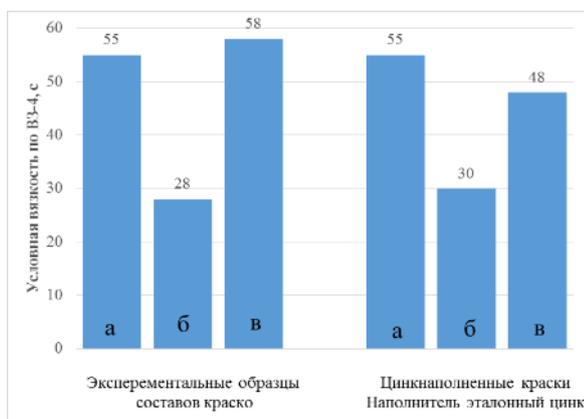


Рисунок 1 – Условная вязкость по ВЗ-4 цинкнаполненных красок:
а – связующее жидкое стекло; б – связующее этилсиликат;
в – акриловое связующее

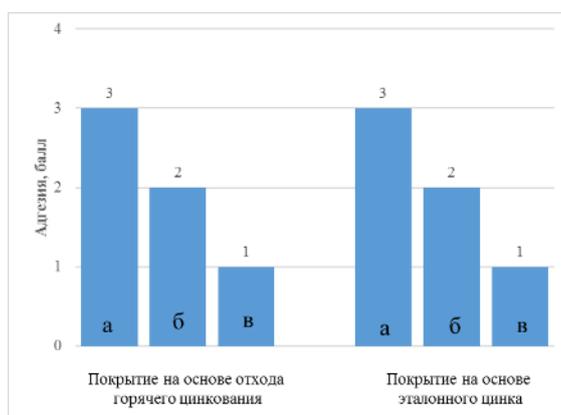


Рисунок 2 – Адгезия цинкнаполненного покрытия, установленная методом решетчатых надрезов: а – связующее - жидкое стекло;
б – связующее - этилсиликат; в – акриловое связующее

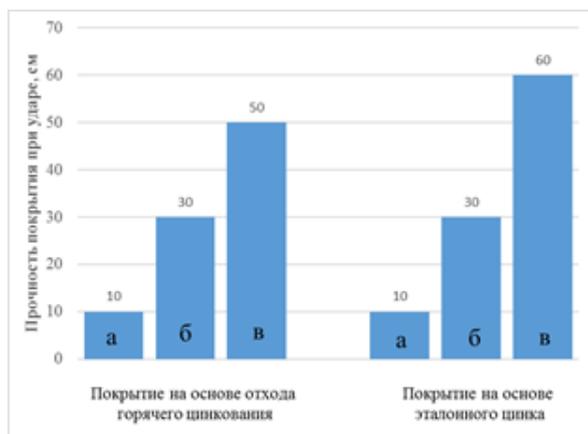


Рисунок 3 – Прочность цинкнаполненных покрытий:
 а – связующее жидкое стекло; б – связующее этилсиликат;
 в – акриловое связующее

Таким образом, установлено, что по сравнению с цинксодержащими красками, наполнителем которых является эталонный цинковый порошок, использование отхода горячего цинкования – цинковой пыли не оказало отрицательного влияния на значение показателей условной вязкости и физико – механических свойств покрытия, а данные свойства в большей степени зависят от типа и качества пленкообразователя.

Ресурсосберегающая технология изготовления деталей машин

Магистранты Рузметов Х.Н. Ёркинов О.Т., Тошназаров Г.Э.,
Научные руководители - Норхужаев Ф.Р., Мухамедов А.А.
Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Метод порошковой металлургии позволяет изготавливать изделия заданных размеров с высокой точностью, что полностью или частично исключает необходимость механической обработки. Остается иногда только отдельные операции по доведению размеров после установки в узел (расточка, соосность и т.д.). Размеры спеченной детали обычно находятся в пределах допусков, заданных по чертежу и легко доводятся до более высокого класса калибрования. С помощью методов порошковой металлургии можно, в ряде случаев, избавиться от сложной механической обработки, необходимой при традиционной технологии [1, 2].

Таким образом применение спеченных изделий позволяет достичь следующих преимуществ [2]:

- экономии металла за счет получения точных размеров деталей сокращения потерь при механической обработке и снижения отходов производства и массы изделия на 20-30% за счет пор.

- полного устранения или значительного сокращения парка металлообрабатывающего оборудования;

- экономии дорогостоящих цветных металлов (подшипниковых сплавов) в результате замены их менее дефицитными сплавами на основе железа;

- легкой автоматизации и высокой культуры процессов изготовления деталей методом порошковой металлургии что позволяет улучшить условия труда работающих. В конечном итоге удастся значительно снизить трудоемкость производства и повысить производительность труда;

- использования отходов производства металлургической и других отраслей промышленности для получения исходных порошков (железа, меди, никеля и др.).

Последнее преимущество в данной работе использовано полностью т.к. в ней решены вопросы замены импортных порошков Российского завода на местные, железные порошки полученные становления окалины Бекабадского металлургического завода. Кроме того, в качестве присадочного материала используются пирит – отход производства Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК).

Объектам исследований являлись изделия, полученные при прессовании и спекании порошков из местного сырья.

Железные порошки были получены путем восстановления железной окалины Бекабадского металлургического завода. Восстановление проводилось в среде осушенного водорода при температуре 1100-1150 °С. В качестве серо содержащей присадки использовали пирит, являющийся отходом горно- металлургического производства.

Полученные порошки железа соответствовали маркам ПЖВ5, 450. 24 и ПЖВ5.160,28 по ГОСТ 9849-86- “Порошок железный. Технические условия”. Введен 01.05.90 г.

Для составления шихты использовали графит и пирит. Графит брали элементный или карандашный по ГОСТ 4404-78” Графит для производства карандашных стержней. Технические условия”. Пирит использовали после измельчения до фракции 0,45-0,16мм.

Смешивание порошков и подготовка шихты проводились в конусных смесителях с добавкой бензина и стеарата цинка. Содержание графита было постоянным -2%. Содержание пирита было:0,5;1.0;1.5;2.5;3.0;3.5;4.0%. После подготовки шихты необходимые для испытаний образцы готовились (прессовались) в соответствии с требуемыми размерами и конфигурацией для образцов для испытаний на растяжение, сжатие и ударную вязкость [2].

Испытания проводились согласно ГОСТ 25698-83- “Порошковые изделия. Методы определения твердости”; ГОСТ18227 - Материалы порошковые. Методы испытания на растяжение; ГОСТ 9495-75-“Материалы порошковые. Методы определения ударной вязкости”. Для определения антифрикционных характеристик готовили специальные образцы в виде втулок с наружным и внутренним диаметром 30 и 20мм. Образцы в виде втулок подвергали испытаниям на радиальное сжатие по ГОСТ 26529-85- “Материалы порошковые. Метод испытания на радиальное сжатие ” [2].

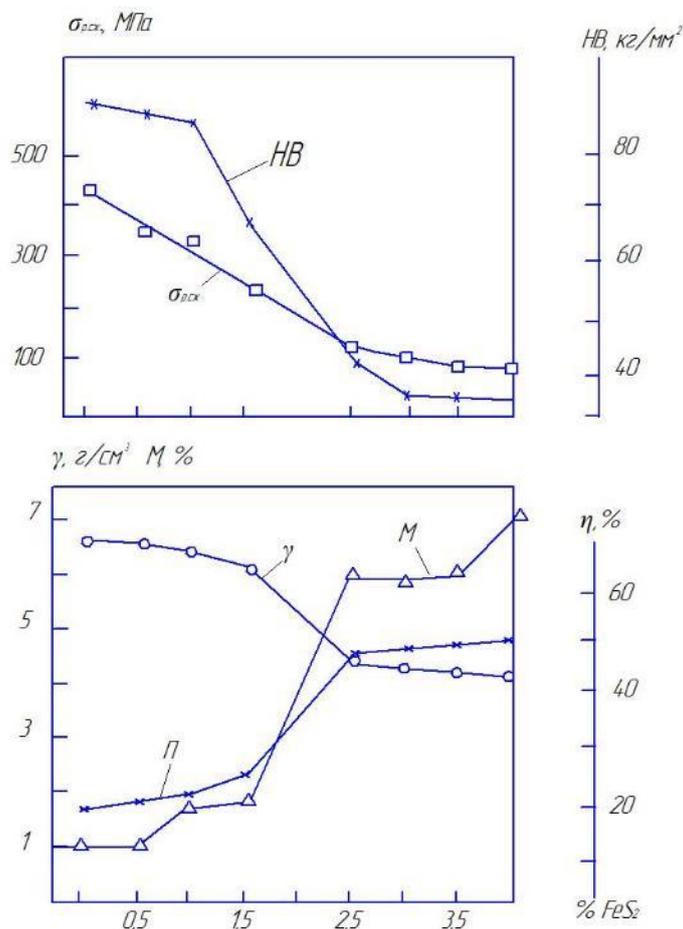


Рисунок 1 - Зависимость твердости НВ, прочности на радиальное сжатие $\sigma_{р.сж.}$, плотности γ , пористости П, масловпитываемости М пористого антифрикционного сплава на основе железа от содержания в шихте пирита

Спрессованные образцы подвергались спеканию. Для этого прессовки упаковывали в контейнеры из нержавеющей стали, после чего накрывались асбестовым листом. На асбестовый лист насыпалась чугунная стружка толщиной около 40мм, контейнер закрывался крышкой, а детали промазывались огнеупорной глиной. Спекание проводили при температуре 1100°С в течение 2-х часов. После спекания контейнеры охлаждали на воздухе.

Полученные изделия и образцы были подвергнуты механическим испытаниям, металлографическим исследованиям, а также другим видам испытаний в соответствии с ТУ 23.1.324-83, распространяемым на изделия из порошковых материалов на железной основе марок Ж, предназначенных для изготовления изделий антифрикционного конструкционного назначения. Результаты испытаний приведены на рис 1.

Плотность полученных изделий оказалась несколько завышенной, а масловпитываемость несколько заниженной. Несколько более высокие значения имеет твердость.

Введение в шихту пирита от 0,5 до 1,5 % ведет к некоторому снижению плотности и росту масловпитываемости [1,3]. Это сопровождается некоторым снижением твердости и прочности, однако при содержании пирита до 1% все свойства отвечают требованиям ТУ 23.1.324-83.

Спеченные антифрикционные металлокерамические сплавы, полученные из местного сырья, как по механическим, так и по антифрикционным свойствам отвечают требованиям технических условий.

Оптимальным составом шихты при производстве металлокерамических сплавов антифрикционного назначения является: 97 % железного порошка, 2% элементного или карандашного графита и 1 % пирита.

Литература

1. German R.M. Powder Metallurgy and Particulate Materials Processing, Metall Powder Industries Federation, Princeton, NJ 2005. - P 308
2. Norkudjayev F.R., Mukhamedov A.A., Xudayberdiyev O.R. Receiving antifuction materialson the dasis of waste of metallurgical Productions of Uzbekistan. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET) NJ 2019. -P 8675-8677.
3. Norkudjayev F.R., Mukhamedov .A.A., Khudayberdiev .O.R., Ergashev D.M., Djalolova S.T. TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF APPLICATION OF THERMOCYCLIC PROCESSING (TCP) TOOL STEEL. International Journal of Psychosocial Rehabilitation. ISSN: 1475-7192, Volume-24 Issue 08, April 2020. p1866-1874.

Электроконтактное нанесение покрытий из твердосплавных порошков на детали прокатных станов

Магистр Мирзарахимова З.
Старший преподаватель Пардаева Г.Т.
Ассистенты Хабибуллаева И., Камилова Г.М.
Научный руководитель - Каримов Ш.А.
Ташкентский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г.Ташкент

Установлено, что наносимые электроконтактным методом порошковые покрытия обладают высокими физико-механическими свойствами (прочностью сцепления 150–300 МПа, пористостью не более 10%). Надо отметить, что при электроконтактной наплавке и припекании наличие окисных пленок практически не снижает прочности соединения, так как пленка обладает высоким электрическим сопротивлением наиболее интенсивно нагревается импульсом тока с последующим удалением из зоны соединения. Так, по данным Ю. В. Клименко при наплавке слоя на второй сильно окисленный слой прочность соединения не ниже, чем при аналогичной наплавке первого слоя на очищенную поверхность детали. Износостойкость покрытий находится на уровне сплавов, полученных электродуговой наплавкой высокохромистого чугуна, существенно превосходя термически обработанные углеродистые и низколегированные стали.

В настоящее время электроконтактное нанесение порошковых покрытий используется для упрочнения деталей строительных, дорожных машин, для повышения долговечности торцовых уплотнений и элементов опор скольжения нефтяного оборудования, восстановления изношенных поверхностей деталей машин, изготовления некоторых деталей гидравлического привода тормозов.

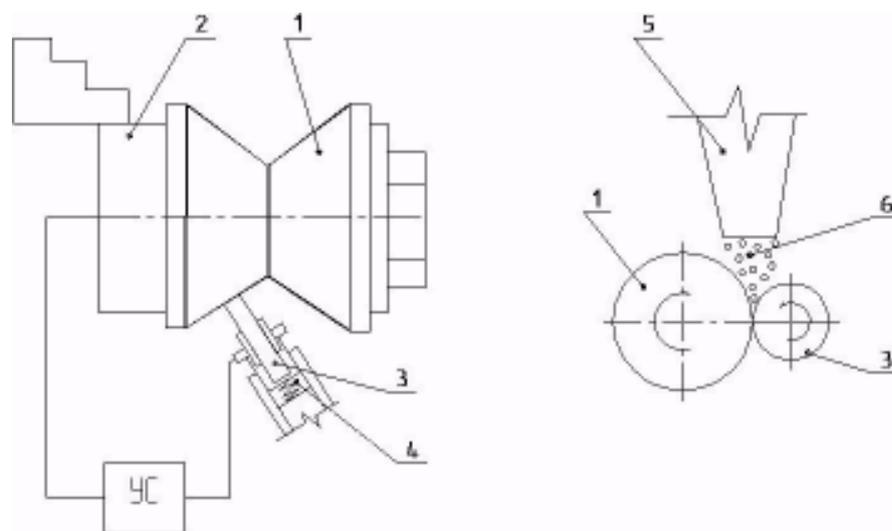
Кроме технологических процессов, предусматривающих нанесение порошковых композиций, находят применение процессы, осуществляющие электроконтактную наплавку компактных материалов: проволочных, ленточных. Они используются при ремонте деталей двигателей внутреннего сгорания (блоков цилиндров, коленчатых валов) [1], при восстановлении деталей, изготовленных из высокопрочного чугуна.

Процессы электроконтактного упрочнения имеют следующие основные преимущества: высокую производительность и низкую энергоемкость процесса нанесения покрытия, минимальную зону термического влияния тока на деталь вследствие малой длительности импульса нагрева, отсутствие необходимости в использовании защитной атмосферы ввиду кратковременного термического воздействия на материал покрытия и отсутствие светового излучения и газовой выделения.

Электроконтактный нагрев позволяет получать покрытия с переменными физико-механическими свойствами на глубине слоя [2], что достигается совместным нанесением порошковой шихты. Исследованиями установлена возможность получения двух, трех и более последовательных зон по толщине покрытия, выполненного из износостойких порошков.

Имеется возможность использования феррохрома, ферромарганца, ферротитана в качестве упрочняющих компонентов порошковых смесей для наплавки их на быстроизнашивающиеся поверхности деталей.

На кафедре «Технология металлов и материаловедения» ТашГТУ разработана технология нанесения износостойкого композиционного покрытия на установке смонтированного на базе токарного станка на рис. 1.



1– ролик; 2– оправка для крепления ролика; 3– ролик– электрод;
4– механизм для создания давления; 5– бункер с порошком; 6– порошок

Рисунок 1 - Схема установки электроконтактного спекания порошка на поверхности ролика прокатного стана

Формирование покрытий осуществляется в несколько стадий. Первоначальное производится электроконтактный локальный разогрев поверхности образца (диска). В процессе подачи порошка происходит частичное расплавление связки карбида вольфрама в изделии. На этой стадии частично формируется адгезионный слой, определяющий в дальнейшем прочность сцепления покрытия с поверхностью детали.

Проведенный анализ показал, что электроконтактный нагрев является одним из наиболее перспективных способов нанесения износостойких покрытий на быстроизнашивающиеся детали машин. При этом предпочтение следует отдать способам, предусматривающим получение покрытий в режиме спекания и припекания, так как в этом случае гарантируется сохранение в покрытии основных функциональных свойств, присущих исходной порошковой системе (сохранение наследственной структуры). Отсутствие жидкой фазы в зоне упрочнения при нанесении покрытий значительно расширяет технологические возможности процесса упрочнения (позволяет увеличить толщину износостойкого слоя в 3–6 раз, повышает долговечность электрода, снижает потери материала покрытия, способствует более равномерному распределению физико-механических свойств по длине упрочненного слоя).

Разработанная технология относится к малоотходным и ресурсосберегающим. Появляется возможность без применения сложных пресс-форм выполнить твердосплавные теплоустойчивые покрытия на сложно профильные детали и рабочие органы.

В работе исследовали влияние предварительного, перед нанесением покрытия, и последующего, после нанесения покрытия, импульсного нагрева поверхности на структурные параметры, механические свойства покрытий и работоспособность роликов. В качестве материала ролика применяли сталь 18ХГТ. Износостойкие покрытия специального состава на основе твердого сплава толщиной 0,5 – 1,0 мм наносили на специальной установке, показанной на рис. 1. Структурные параметры (ширина рентгеновской линии, остаточные напряжения), механические свойства покрытий (микротвердость и прочность сцепления покрытия с со стальной основой) определяли по известным методикам.

Припеченный твердосплавной порошок представляет композиционную микроструктуру, состоящую из металлической каркасной оболочки, обволакивающих частицы карбидов. Строение структуры определяется тепловым полем, формирующимся в спрессованном слое из твердосплавного порошка при прохождении импульсного тока. Основным источником тепловыделения является контакт между поверхностью заготовки и спрессованным твердо-

сплавным порошком. Возникающие при этом тепловые потоки образуют градиентное температурное поле в направлении по нормали к поверхности заготовки за счет теплопроводности. Неоднородность теплового поля в направлении вдоль поверхности заготовки возникает за счет неравномерного распределения каналов электрической проводимости, в формировании которых в основном участвуют частицы никелевой фазы, имеющие более низкое удельное электрическое сопротивление. В результате наложения тепловых полей от разных источников тепловыделения создается температурное поле с локальными максимумами. Градиентный характер распределения локальных температурных максимумов сохраняется за счет доминирующего процесса теплопроводности.

В зонах локальных температурных максимумов формируются структуры с более прочной связью между связующей никелевой фазой и частицами карбидов, а наложение силового поля стимулирует наведение ближнего порядка в ориентации карбидных частиц между собой.

Концентрация частиц карбидной фазы принимает наибольшее значение вблизи поверхности основы, затем она снижается по мере удаления от нее, что позволяет отнести подобную структуру к разряду градиентных. Послойный фрактальный анализ припеченного покрытия подтверждает наличие структурной градиентности, которая проявляется в характере изменения фрактальной размерности по глубине (рис.2). Глубина проявления градиентной структуры в среднем составляет 200...250 мкм.

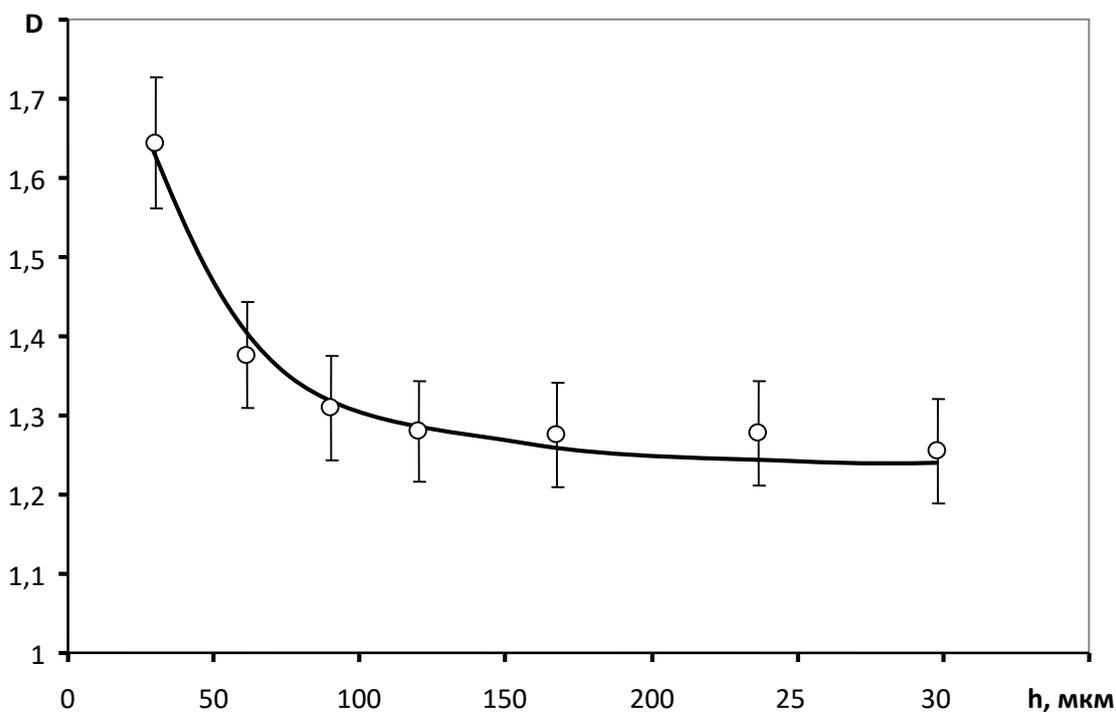


Рисунок 2 - Распределение фрактальной размерности по глубине «припеченного» слоя

Характер изменения фрактальной размерности по глубине припеченного твердосплавного покрытия позволяет отнести этот материал к разряду градиентных.

Работоспособность детали оценивали на прокатном стане ОАО «Узметкомбинат» по интенсивности износа. Получены повышение износостойкости в 5...7 раз по сравнению с традиционными материалами из закаленных сталей.

**Классификационная схема компонентов, входящих в состав
плавленных сварочных флюсов для автоматической дуговой сварке**

Магистрант М.Т. Йулдошев
Научный руководитель доц., PhD З.Д. Эрматов
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

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

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

Выполнение указанных условий достигается соответствующим подбором сварочной проволоки и компонентов, входящих в состав плавленого флюса. Современные плавленые флюсы являются сложными многокомпонентными системами. Входящие в них материалы выполняют разнообразные металлургические и технологические функции. Традиционные компоненты сварочных плавленных флюсов имеют разнородность частиц шихты по фракции, по морфологии, по плавкости и вязкости при плавлении, что не позволяет достичь требуемых параметров стабильности горения дуги, шлаковой и газовой функции [4-6].

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

Для производства плавленных сварочных флюсов используют сырьевую базу, которую условно делится на: минеральное сырье, ферросплавы и искусственные химические материалы.

Первоначальный анализ компонентов шихты для производства плавленных флюсов, используемых при автоматической дуговой сварки проводится согласно разработанной классификации (рис. 1). Известно, что минерально-сырьевая база делится по назначению компонентов, входящие в состав сварочных материалов на следующие группы: стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие, газообразующие. По критериям выбора минерального сырья для производства сварочных материалов компоненты шихты ограничены содержанием примесей серы и фосфора, содержанию железа.



Рисунок 1 - Классификация компонентов, входящих в состав плавеных сварочных флюсов

Одной из задач, решаемых в данной работе, является введение в компоненты сварочных материалов небольших количеств легирующих элементов для улучшения сварочно-технологических характеристик шва. Разработанный состав плавеного флюса содержит, мас. %: мрамор – 15,0–17,5, песок кварцевый – 40,4–46,8, плавиковый шпат – 8,3–10,4, каолин обогащенный – 8,8–12,4, ферросиликомарганец – 19,9–20,1. Предложенный состав сварочного плавеного флюса повышает ударно-пластические свойства металл шва за счет измельчения его структуры путем создания дополнительных центров кристаллизации, рафинирования шва по сере и фосфору.

Литература

1. Кузнецов М.А. Нанотехнологии и наноматериалы в сварочном производстве (Обзор) / М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин // Сварочное производство. – 2010. – №12. – С.23-26.
2. Марченко А.Е. Влияние технологических факторов изготовления электродов на содержание водорода в наплавленном металле//Автоматическая сварка. – 2013. – № 8 – С. 14-25.
3. Легирующие элементы в минеральных и синтетических компонентах сварочных материалов / Ю.В. Адкина, А.И. Николаев, В.Б. Петров, Н.М. Путинцев // Журн. прикл. химии. – 2016. – Т.83, №12. – С. 1960– 1964.

**Анализ минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана
для производства электродных покрытий наплавочных электродов**

Магистрант А. Саидахматов
Научный руководитель доц., PhD З.Д. Эрматов
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Ручная дуговая наплавка имеет широкую область применения, эффективную по технико-экономическим показателям: возможность нанесения металлического слоя достаточно большой толщины (в сравнении, например, с напылением диффузионной наплавкой), маневренность и простота, транспортабельность и распространенность по источникам питания, применимость в сочетании с другими способами поверхностной обработки (термическими, механическими и др.), возможность использования для многих металлов и сплавов, возможность получения самого разнообразного состава наплавленного металла, экономичность наплавки деталей с неравномерным износом.

Электроды, обеспечивающие получение наплавленного металла средней твердости (НВ 260—450), применяют для наплавки деталей, работающих в условиях трения металл по металлу, в том числе при наличии интенсивных ударных нагрузок. В общем виде эти электроды характеризует не стабильность эксплуатационных характеристик наплавленного металла, обусловленная его структурой (троостит, троостосорбит), весьма чувствительной к скорости охлаждения наплавленной детали. В существенно меньшей степени это относится к электродам марок ОЗН-300М ОЗН-400М, обеспечивающих также повышенную износостойкость за счет легирования кремнием [1].

Повышение содержания углерода в низколегированном наплавленном металле (электроды марок ЭН-60М, 13КН/ЛИВТ и др.) приводит к более высоким показателям твердости, связанным с мартенситным превращением, износостойкости. Это позволяет применять электроды для более сложных условий эксплуатации: штампы холодной штамповки (электроды марок ЦН-14, ЭН-60М), нож бульдозеров (электроды марки 13КН/ЛИВТ) [2].

Оптимальная система и уровень легирования позволяют достигать повышенных характеристик наплавленного углеродистого легированного металла, что реализовано в электродах марок ЦН-16, ОЗН-6 (тип наплавленного металла 180Б8Х6ГС, 90С4Х4Г2Р1 соответственно). Такой металл стоек в условиях ударно-абразивного изнашивания причем электроды марки ОЗН-6 обеспечивают получение твердости 65 HRC уже в первом слое, а также возможность выполнения многослойных наплавов. Дополнительное легирование металла близкого состава азотом и ванадием дает его высокие характеристики при пониженных температурах и позволяет наплавлять детали из стали 110Г13Л (электроды марки ОЗН-7, тип наплавленного металла 60Х4Г4С3РАФ) [3,4].

Разработанный состав электродного покрытия для износостойкой наплавки содержит следующие компоненты, мас. %: мрамор - 26-28; пегматит - 14-16, графит - 9-11, ферросиликомарганец - 10-12; феррохром 25-27; ферротитан - 10-12.

Использование минеральных ресурсов Республики Узбекистан для разработки и промышленного производства покрытий электродов для износостойкой наплавки является актуальной задачей.

Анализ месторождениям мрамора в Республике Узбекистан показал, что по химическому составу (согласно ГОСТ 4416 - 73 «Мрамор для сварочных электродов») мрамор месторождений Совук булак (Кашкадарьинская область), Газган (Навоийская область), Аксаката (Ташкентская область) по содержанию нормируемых компонентов подходит для производства сварочных материалов (табл. 1. и 2). Результаты минералогического анализа показали, что в шлифе мрамор мелко- и крупнозернистый состоит на 99 - 100 % из зёрен кальцита диаметром от 0,3 до 1,5 мм.

Таблица 1

Месторождения и ориентировочные запасы ресурсов мрамора Республики Узбекистан

№	Месторождение	Местонахождение	Объем выпуска, тыс. м ³ в год	Характеристика
1	Совук булак	Кашкадарьинская область	40,0	Темно-серый, среднезернистый, массивная структура, полосчатая текстура
2	Газган	Навоийская область	30,0	Кремевый, серый до черного, мелкозернистый
3	Аксаката	Ташкентская область	10,0	Мелкоблочный, кремового цвета с ракушковидными узорами, крупно-кристаллический

Таблица 2

Химический состав мрамора (масс. %)

№	Химический состав	Совук булак	Газган	Аксаката
1	CaO	48,3	53,0-55,0	48,6-54,55
2	MgO	4,23-4,81	0,01	1,05-2,42
3	K ₂ O	-	0,1	0,1-0,13
4	Na ₂ O	-	0,1	0,1
5	SiO ₂	1,62-1,87	0,8-1,0	1,53-9,44
6	Al ₂ O ₃	0,2-0,63	0,2-0,3	0,03-0,89
7	TiO ₂	-	0,01	0,02-0,03
8	Fe ₂ O ₃ +FeO	0,63-0,84	0,1-0,2	0,18-0,39
9	P ₂ O ₅	-	-	0,04
10	CO ₂	39,7-43,23	42,0-43,0	39,57-42,9
11	SO ₃	-	-	0,1

В результате анализа сведений по полевому шпату, по химическому составу представляющего собой алюмосиликаты калия, натрия, кальция и бария выявлено, что в Узбекистане основными источниками полевых шпатов в основном являются гранитные пегматиты. Лолабулакское месторождение гранитного пегматита расположено в Чиракчинском районе Кашкадарьинской области. Химический состав пегматита Лолабулакского месторождения приведен в таблице 3.

Таблица 3.

Химический состав пегматита

Наименование месторождения	Местонахождение	Содержание, %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O+ Na ₂ O
Лолабулакское	Кашкадарьинская область	67,0	19,15	0,06- 0,47	0,28	4,15	7,08	0,59

Сравнительный анализ изученных месторождений Республики Узбекистан подтверждает возможность промышленной добычи практически всех видов минерального сырья, необходимого для производства сварочных электродов для износостойкой наплавки.

Разработанные электроды для износостойкой наплавки, содержащим следующие компоненты, мас. %: мрамор - 26-28; пегматит – 14-16, графит – 9-11, ферросиликомарганец - 10-12; феррохром 25-27; ферротитан – 10-12, обеспечивают:

- наплавку деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками. Типичная твердость наплавленного металла 58-65 HRC;

- наплавку в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности. Коэффициент наплавки 9,3 г/А·ч;

- расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,3 -1,5 кг

Литература

1. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. On the development of a physical simulation of the cast metal weld chemical composition formation during manual arc welding on the basis of the electrode coating mixture components classification//European science review– 2019. – № 1-2. Volume 1.– P. 56–58

2. Эрматов З.Д., Дунышин Н.С. Разработка композиционного состава покрытий сварочных электродов с использованием минерально-сырьевой базы месторождений Республики Узбекистан// «Техника и технология машиностроения» Материалы VI Международной научно-технической конференции. – Омск, 21-23 мая 2018 года, С.43-46.

3. Ermatov Z.D., Dunyashin N.S. Development of electrodes for shielded metal arc welding based on the classification of the coating charge components//European science review– 2018. – № 11-12. – P. 40–41.

4. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. Development of the gas-forming composition of electrode coating for a high-quality cast weld structure//Austria. European Sciences review. Scientific journal, 2019. - № 5 - 6 (May–June). – pp. 27 – 29

**Анализ минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана
для производства плавяных флюсов для автоматической дуговой сварки**

Магистрант Д.Усманов

Научный руководитель - проф., д.т.н. Н.С. Дуняшин
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

На начало 2020 г. объемы мировых продаж сварочных технологий и оборудования варьируется в районе 62 млрд. дол., сварочных материалов – 7,8 млрд. дол. США. Потребность Узбекистана в сварочных плавяных флюсах составляет 0,5 тыс. тонн. Их импорт превысил \$1,2 млн. Основным производителем плавяных флюсов в Узбекистане являются АО «Узметкомбинат». Однако отсутствие научного сопровождения при изготовлении сварочных флюсов и качественных соответствующих материалов для шихты не только снижает качество производимой продукции, а также приводит к уменьшению ее доли на внутреннем и внешнем рынках. Основной причиной этому является научно-необоснованный подход к разработке шихтовой композиции флюсов, что вызывает необходимость закупки сырьевых материалов и технологий из-за рубежа.

По способу их изготовления сварочные флюсы разделяют на плавяные и керамические [1-2].

Плавяные флюсы получают сплавлением его составляющих компонентов.

Преимущества плавяных флюсов:

- равномерность флюса по химическому составу;
- высокая механическая прочность, что облегчает транспортировку.
- относительно высокая влагуостойчивость.

Основным недостатком плавяных флюсов является то, что он не может содержать легирующих элементов в чистом виде, т.к. в процессе выплавки они неизбежно окисляются. Легирование плавяными флюсами происходит путем восстановления элементов из окислов, находящихся во флюсе.

Керамические флюсы представляют собой механическую смесь различных природных материалов и ферросплавов [3,4].

Преимущества керамических флюсов:

- технология изготовления керамических флюсов позволяет вводить в состав легирующие добавки;
- высокая универсальность керамических флюсов, возможность применения для сварки высоколегированных сталей и сплавов, а также для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

Недостатки керамических флюсов:

- трудность получения равномерного химического состава вследствие разных плотностей отдельных составляющих;
- малая механическая прочность флюса и низкая влагуостойчивость [5,6].

Плавяные флюсы применяются при автоматической дуговой сварке металлоконструкций из низкоуглеродистой и низколегированной стали. Разработанный состав плавяного флюса для автоматической дуговой сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей содержит следующие компоненты, мас. %: кварцевый песок - 23-27; доломит - 10-12; каолин – 6-8; марганцевый концентрат - 50-54; плавиковый шпат - 4-6.

Использование минеральных ресурсов Республики Узбекистан для разработки и промышленного производства плавяного флюса для автоматической дуговой сварки, является актуальной задачей. Месторождения минеральных ресурсов Республики Узбекистан необычайно богаты, разнообразны и обладают существенным потенциалом. Учитывая выше

отмеченные особенности и требования к составу и свойствам плавного флюса для автоматической дуговой сварки, в настоящей работе приведен анализ рудно-минеральному сырью Республики Узбекистан, которое может быть использовано в качестве компонентов шихты флюса. Данный анализ позволил выделить объекты, наиболее благоприятные для производства плавного флюса для автоматической дуговой сварки.

В настоящее время в качестве источника оксида кремния широко используются кварцевые пески Джеройского и Майского месторождений (табл. 1). К наиболее перспективным месторождениям кварцевых песков относятся Кулантайское (Навоийская область), Яккабагский (Кашкадарьинская область) Содержание $\text{SiO}_2 = 87,2 - 98,7 \%$. В таблице 2 приведены сведения о запасах некоторых месторождений кварцевых песков.

Таблица 1 - Усредненный химический состав некоторых кварцсодержащих сырьевых ресурсов Республики Узбекистан

Наименование месторождения	Содержание, %						
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
Джеройское	97,16	0,16	1,1	0,36	0,24	0,18	0,1
Майское	94,2	0,18	2,8	0,3	0,2	1,2	0,2

Таблица 2 - Известные месторождения и ориентировочные запасы кварцсодержащих ресурсов Республики Узбекистан

№	Наименование месторождения	Местонахождение	Характеристика	Запасы, млн.т
1	Майское	Ташкентская область	Кварцевое	2,5
2	Джеройское	Навоийская область	Кварцевое	13,5
3	Кулантайское	Навоийская область	Кварцевое	30,0
4	Яккабагский	Кашкадарьинская область	Кварцевое	4,0
5	Обручевское	Сырдарьинская область	Кварцевое	3,0
6	Янгиарыкское	Хорезмская область	Кварцевое	30,0
7	Табакумское	Республика Каракалпакстан	Кварцевое	20,0

Месторождения доломита в Республике Узбекистан имеются в Ферганской, Наманганской и Кашкадарьинской областях. Химический состав доломитов с месторождений Шурсув (Ферганская область), Чуст (Наманганская область) и Дехканабада (Кашкадарьинская область) приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав доломитового сырья

Наименование месторождения	Местонахождение	Содержание, %					
		MgO	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	CO_2	SO_3
Шурсув	Ферганская область	17,25	33,37	0,11	0,133	40,65	1,90
Чуст	Наманганская область	12,83	38,90	0,15	0,202	43,08	0,70
Дехканабад	Кашкадарьинская область	13,57	37,55	0,366	0,214	44,43	0,80

Цвет каолина серый, может изменяться до желтого и бурого из-за примесей окислов титана и железа. Температура плавления $1730-1820^\circ\text{C}$ температура спекания $1350-1450^\circ\text{C}$. Химический состав вторичных каолинов зависит от соотношения главнейших породообразующих минералов(%): $\text{SiO}_2-50-75$; $\text{Al}_2\text{O}_3-17-34$; $\text{Fe}_2\text{O}_3-0,2-2,5$; $\text{CaO}-0,1-1,0$; $\text{MgO}-0,1-0,5$; $\text{K}_2\text{O}-$

0,3-8,5; TiO_2 -0,2-2,0; потери при прокаливании -3,5-10%. Химический состав Ангренского вторичного каолина приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Химический состав вторичного каолина

Наименование месторождения	Местонахождение	Содержание, %						
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O+Na_2O	TiO_2
Ангренское	Ташкентская область	59,39	26,7	1,52	0,4	0,27	1,32	0,3

Анализ сведений по плавиковому шпату, показал наличие на территории республики Узбекистан следующих промышленных месторождений: Агата-Чибаргата, Караулташ, Янголы, Шабрез и другие. Из приведённого перечня месторождений наиболее крупным является месторождение Агата-Чибаргата, расположенное в Ташкентской области и представленное кварц-флюоритовой жилой. Балансовые запасы месторождения составляют 3932,5 тыс. т.

Анализ изученных месторождений позволил выделить среди них объекты с наиболее благоприятным сырьём для производства флюсов для автоматической дуговой сварки конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, что подтверждает возможность промышленной добычи на территории Узбекистана практически всех видов минерального сырья, необходимого для производства плавящихся флюсов.

Разработанный состав флюса обеспечивает:

- хорошую устойчивость дуги;
- разрывную длину дуги до 13 мм;
- удовлетворительное формирование шва;
- низкую склонность металла шва к образованию пор и трещин;
- удовлетворительную отделимость шлаковой корки.

Литература

1. Верхотуров А.Д. Методология создания сварочных материалов: монография – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 128 с.
2. Кузнецов М.А. Нанотехнологии и наноматериалы в сварочном производстве (Обзор) / М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин // Сварочное производство. – 2010. – №12. – С.23-26.
3. Легированные элементы в минеральных и синтетических компонентах сварочных материалов / Ю.В. Адкина, А.И. Николаев, В.Б. Петров, Н.М. Путинцев // Журн. прикл. химии. – 2016. – Т.83, №12. – С. 1960– 1964.
4. Походня И.К. Металлургия дуговой сварки конструкционных сталей и сварочные материалы // Сварочное производство. – 2009. – № 4. – С. 3–15.
5. Моравецкий, С. И. Отделимость шлаковой корки при дуговой сварке. Ч. 2. Характер влияния основных факторов на отделимость шлаковой корки// Автоматическая сварка. – 2011. – № 2. – С. 22-26.
6. Бороненков В.Н., Саламатов А.М. Расчетная оценка кинетики взаимодействия многокомпонентных металла и шлака при сварке под флюсом// Автоматическая сварка. – 1985. – № 8. – С. 19–23.

Меднение печатных плат

Студенты Ермоленко А.А., Рудь Е.Е.
Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г.Минск

В настоящее время одной из важнейших проблем в технологии изготовления печатных плат является получение равномерных по толщине покрытий на поверхности и в отверстиях. При металлизации отверстий применяют электролиты меднения. Но равномерное покрытие медью требуется не только в отверстиях, но и по всей заготовке платы, т.к. от этого будет зависеть равномерность травления проводящего рисунка и, отчасти, величина бокового подтравла под фоторезистом. Так как толщина слоя меди достигает порядка 25 мкм, то данное покрытие не будет сильно влиять на гибкость печатной платы.

Производственный процесс состоит из типовых операций, характерных для изготовления многослойной печатной платы: от фотолитографии внутренних слоев до финишного контроля.

Гальваническое меднение:

- 1) После фотолитографии заготовки поступают на гальванический участок.
- 2) Гальваническим осаждением меди создается необходимый по толщине слой металла в отверстиях печатной платы (рис.1).

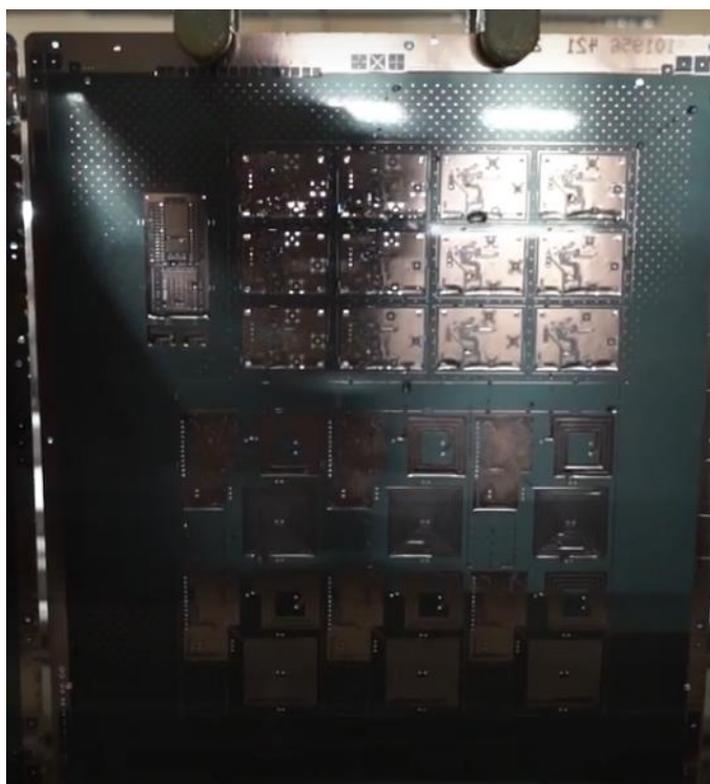


Рисунок 1 – Печатная плата после осаждения меди

3) Оператор подбирает заготовки с одинаковой площадью покрытия и размещает на штанге. После чего вводит информацию о заготовках в систему.

4) Автооператор забирает подвеску с заготовками и последовательно перемещает по необходимым подготовительным этапам, включая очистку поверхности, микротравление, декапирование.

5) Далее штанга с заготовками опускается в ванну меднения на 60 минут. Для обеспечения хорошей проводимости мы осаждаем около 25 микрон меди на стенки отверстий. Медь осаждается не только на стенки отверстий, но и на поверхность проводников и контактных площадок. В результате при начальной толщине в 18 микрон суммарная толщина базовой и гальванической меди будет составлять 35-40 микрон.

6) При последующих операциях поверх гальванической меди осаждается 5 микрон гальванического олова для защиты топологии при травлении. Конструкция гальванических ванн в сочетании с современными добавками обеспечивает равномерную толщину покрытия, как на стенках отверстий, так и на поверхности, несмотря на разную плотность топологии. Процесс покрытия контролируется компьютером для обеспечения требуемых параметров гальванических покрытий. После покрытия толщина осажденной меди проверяется не разрушающим методом (рис.2).

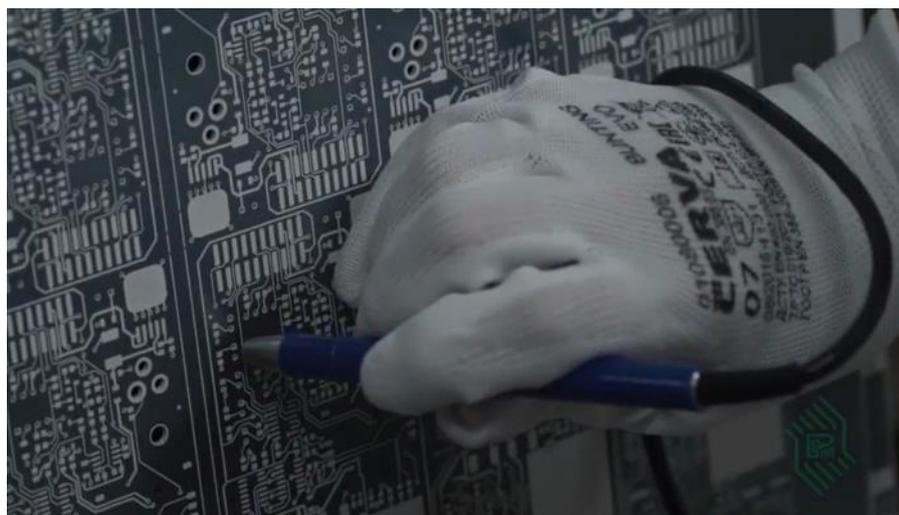


Рисунок 2 – Проверка неразрушающим методом

Литература

1. Брусницына, Л. А. Б892 Технология изготовления печатных плат : [учеб. пособие] / Л. А. Брусницына, Е. И. Степановских ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 200 с.
2. Иванов-Есипович Н. К. Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 205 с.
3. Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. – Санкт-Петербург: Политехника, 1993.
4. Левин А.П., Сватикова Н.Э. Расчет вибропрочности конструкции РЭА. – М.: МИРЭА, 2003.
5. Мевис А.Ф., Несвижский В.Б., Фефер А.И. Допуски и посадки деталей радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. О.А. Луппова. – М.: Радио и связь, 2004. – 152 с.
6. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов – Минск: Высш.шк., 2002. – 432 с.

Комплексные сравнительные исследования параметров цельных металлических слоистых композиций для буровых инструментов

Магистранты Тошназаров Фиёс Эркин ўғли,
Шукуров Шахобиддин Тўлкин ўғли,
Рузметов Хўжабек Нодирбек ўғли
Научные руководители – Норхуджаев Файзулла Рамазанович;
Мухамедов Азад Анварович,
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Аннотация: В статье рассмотрятся комплексные сравнительные исследования параметров цельных металлических слоистых композиций для буровых инструментов.

Ключевые слова: Литая металлическая слоистая композиция, инструментальное производство, термическая обработка, литье по газифицируемым моделям, буровые инструменты.

В настоящее время важное значение имеет повышение экономической эффективности отраслей экономики, по созданию нового состава производимых материалов. Эффективное и экономическое совершенствование технологий получения изделий методом литья играет большую роль при повышении показателей народного хозяйства. В этом аспекте целенаправленные научно - исследовательские работы, в том числе проведение научных исследований следующих направлений являются одними из важных задач: разработка технологий получения металлических слоистых композиций; совершенствование теоретических и технологических основ термической обработки, способствующих повышению прочности металлических слоистых композиций; создание и производство энерго- и материалосберегающих новых металлических слоистых композиций на основе последних достижений науки и техники, предполагающих экономию дефицитных инструментальных материалов и повышение производительности.

В мире по разработке состава и технологии и совершенствованию термической обработке металлических слоистых композиций проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: по разработке новой технологии производства металлических слоистых композиций; по созданию теоретических и технологических основ термической обработки металлов; выявление механизмов формирования многокомпонентных металлических систем; разработка научных основ получения композиционных материалов с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Анализ исследований по термической обработке металлических слоистых композиций показал, что применяемые существующие технологические режимы не учитывают своеобразие сочетания разнородных материалов, что снижает эффективность результатов термообработки, не позволяет в полной мере раскрыть потенциальные возможности металлических слоистых композиций.

Получение металлических слоистых композиций – литье по газифицируемым моделям, а также то, что несущей основой металлических слоистых композиций должны служить литейные металлические сплавы, в качестве инструментальной составляющей взяты металлические материалы.

Именно указанная выше группа материалов выполняет главную роль в инструментальном производстве. Она включает инструментальные стали и твердые сплавы. В работе дан химический состав использованных инструментальных сталей, твердых сплавов, молибдена, а также их сплавов.

В работе использованы современные теоретические и экспериментальные методы. Распределение элементов по поперечному сечению переходной зоны определяли на растровом электронном микроскопе S – 180 с рентгеновским энергодисперсионным микроанализатором на твердотельном детекторе Si (Li) системы «Link», макро- и микроструктура переходной зоны МСК изучалась с помощью металлографического микроскопа МИМ – 8, «Неофот - 21» и на растровом электронном микроскопе РЭМ – 200, а также на макроустановке МБС-9, внутренние напряжения определяли тензометрически, используя тензодатчики ПДБ – 10/100 , а также и рентгенографически – на рентгеновском дифрактометре «ДРОН – 2,0» и на установке УРС-55а, камере обратной съемки «КРОС - 1» - на кобальтовом излучении. Прочностные и физико-механические характеристики МСК и изделий целевого назначения определяли согласно соответствующим ГОСТам.

Рассмотрены и определены возможности использования современных методов механических испытаний для металлических слоистых композиций, а именно - статической прочности и напряженного состояния.

Для изготовления металлических слоистых композиций необходимо выполнение следующих основных технологических приемов: подготовка пенополистирола для изготовления пеномодели; изготовление пеномодели инструмента; подготовка рабочего элемента; подготовка и получение отливки; получение инструмента.

Вариант с промежуточным слоем является практически единственным для композиций, составляющие которых существенно отличаются по физическим характеристикам. К этим композициям относятся твердые сплавы - сталь. Для бурового инструмента (буровые коронки, долота и буровые шарошки) использовались вставки из твердых сплавов, предназначенные для паяного инструмента (рис 1). Для создания композиций в качестве материала промежуточного слоя использовались сплавы системы Cu-Ni-Mn, Cu-Ni с толщиной 0,2 – 0,6 мм, напыленные плазменным способом.

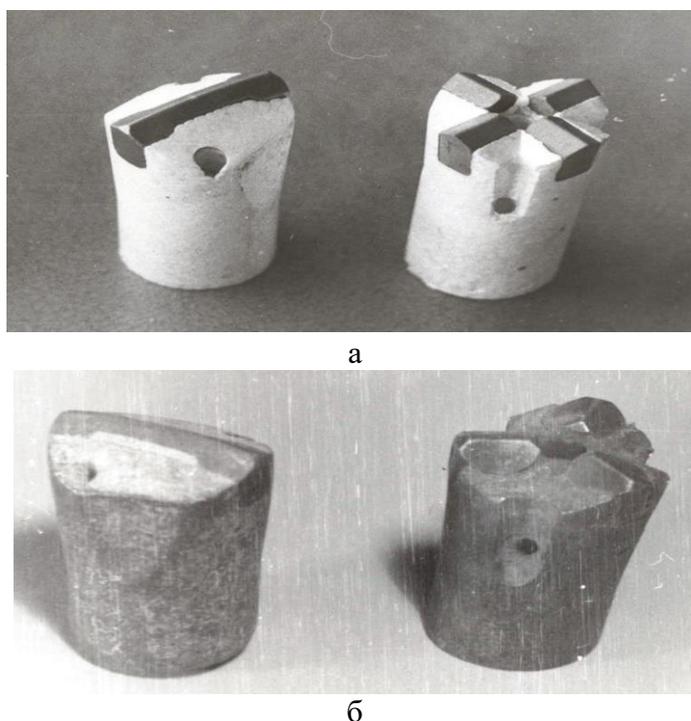


Рисунок 1 - Пенополистирольные модели (а) и отливки (б) МСК типа литые буровые коронки: а - одноперовая; б – трехперовая

Как указано выше, для корпуса инструментов использовались литейная конструкционная сталь, и в качестве его основной рабочей части твердые сплавы группы ВК и ТК.

Механизм формирования, состав, строение, физико-механические свойства металлических слоистых композиций типа “твердый сплав – конструкционная сталь” исследовались всесторонне .

Исследование металлических слоистых композиций типа “Инструментальный материал – конструкционная сталь” подтвердило получение сплошных соединений.

Учитывая и обобщая результаты проведенных исследований всех типов композиций, можно представить механизм и особенности формирования соединения между элементами композиций при участии промежуточного слоя.

Определен механизм и установлены особенности формирования соединения между элементами металлических слоистых композиций, по которому при контакте расплава конструкционной стали с поверхностью вставки – рабочего, режущего элемента происходит кристаллизация с образованием твердой корочки с последующим расплавлением материала промежуточного слоя и взаимодействия образующегося расплава с ограничивающими его твердыми поверхностями: с одной стороны инструментального материала, с другой – стали. В результате формируется переходная зона композиции, имеющая сложную структуру и фазовый состав, включающие продукты взаимодействия между элементами расплава и основными составляющими композиции. На основе проведенных исследований (изучение микроструктуры, микротвердости, распределения элементов в переходной зоне, рентгенофазовый анализ) разработаны технологии получения ряда металлических слоистых композиций для металлообрабатывающих и почвообрабатывающих инструментов. Анализ механизма и особенностей формирования соединений всех полученных типов металлических слоистых композиций позволяет предсказывать ход процесса и выбирать технологические условия для создания металлических слоистых композиций с заданными свойствами.

Практическая реализация подобных указанным выше композициям нашла свое воплощение при изготовлении бурового инструмента (рис. 1) [1-4].

Для бурового инструмента (см. рис. 1) использовались вставки из твердых сплавов, предназначенные для паяного инструмента [1 - 5].

Переходной слой наносился методом плазменного напыления МСК с твердым рабочим элементом, который изготавливался из твердых сплавов группы ВК и ТК.

Рассмотрим напыленные сплавы на основе Cu-Ni-Mn, составы которых представлены в табл. 1. Толщина покрытий находилась в пределах 0,1-0,5 мм [5]. Из указанного выше, отличительным признаком приведенного класса композиций является наличие легкоплавкого промежуточного слоя между составляющими композиции. Промежуточными слоями являлись различные легкоплавкие сплавы [1-5]:

Таблица 1 - Химический состав самофлюсующихся сплавов системы Cu-Ni-Mn, используемых в качестве промежуточных сплавов при создании МСК

Элементы самофлюсующихся сплавов	Химический состав, мас. %					
	Cu	Ni	Mn	Si	Mo	Прочие
Марка сплава						
ВПр-2	основа	5,2	25,7	2,5	-	-
ВПр-4	основа	29,5	28,4	1,1	-	-
ВПр-33	4,1	Основа	19,5	7,7	10,4	10,6%Cr
ПР-Н55Р		55				

- сплавы для пайки твердых сплавов П - 100, П - 102, латунь Л60 [1-5];
- самофлюсующиеся сплавы системы Cu-Ni-Mn (ВПр-2, ВПр-4) [1-5].

За критерий качества была принята сплошность соединения. Следует отметить, что этому критерию не удовлетворяла группа сплавов П - 100, П - 102 из-за возникновения тре-

щин в процессе формирования композиций. Учитывая указанное, все исследования были проведены на композициях с использованием самофлюсующихся сплавов системы Cu-Ni-Mn (ВПр-2 и ВПр-4), где была достигнута сплошность соединения.

Разработаны технологические основы подготовки рабочих элементов (форма, размеры, состав и метод нанесения промежуточного материала, способ размещения в пресс-формы) из инструментальных материалов, необходимые и достаточные для формирования надежной и работоспособной композиции.

На основе проведенных исследований (изучение микроструктуры, микротвердости, распределения элементов в переходной зоне, рентгенофазовый анализ) разработаны технологии получения ряда МСК для буровых инструментов.

Литература

1. Чекуров В.В. Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств литых биметаллических композиций для инструментов различного целевого назначения. Автореф. дис. д-ра техн.наук. Санкт-Петербург, 1991. - 35 с.

2. Норхуджаев Ф. Р. Комплексное исследование, связанное с разработкой сложнопрофильных инструментов по технологии литья газифицируемых моделей // Вестник ТашГТУ, 2005. - Специальный выпуск. - С.190-193.

3. Норхуджаев Ф. Р. Перспективы применения металлической слоистой композиции в производстве металлообрабатывающих и буровых инструментов // Нефть и газ. – Ташкент, 2013.- №1. - С.26-29.

4. Норхуджаев Ф. Р. Актуальные перспективы применения металлической слоистой композиции типа «ЛКС промежуточный сплав – твердый рабочий элемент» в производстве буровых инструментов // Нефть и газ.- Ташкент, 2013. - Специальный выпуск. - С.114 – 118.

5. Норхуджаев Ф.Р., Джалолова С. Т. Современное состояние проблемы создания металлических слоистых композиций (МСК) // Сборник материалов Международной научно-технической конференции на тему: “Современные материалы, техника и технологии в машиностроении”, 19-20 апреля. –Андижан, 2014. - С.41-42.

Исследование шлакообразующей основы покрытий электродов для износостойкой наплавки

Магистрант М.М. Абдурахмонов
Научный руководитель - проф., д.т.н. Н.С. Дуняшин
Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

Наплавка металла на поверхность детали дает возможность придать ей необходимые достаточные механические и физико-химические свойства и тем самым повысить надежность и долговечность работы и снизить себестоимость.

Наплавочные работы применяются для создания на деталях поверхностных слоев с требуемыми свойствами, а также для восстановления исходных размеров изношенных деталей. Например, наплавку используют для изготовления деталей из конструкционных, сравнительно дешевых сталей, на рабочие поверхности которых наплавляют износостойкий, жаростойкий или иной спец. сплав.

При наплавочных работах, как правило, необходимо получать минимальное проплавление основного металла и минимальное перемешивание основного и наплавленного металла для того, чтобы сохранить механические свойства наплавленного слоя.

В то же время наплавленный металл должен прочно соединяться с металлом основы и не должен содержать пор, шлаковых включений, раковин трещин и др. дефектов.

Износ деталей является результатом изнашивания — процесса разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении. Процесс реализуется в паре трения (сопряжении) — совокупности двух подвижно сопряженных поверхностей в реальных условиях эксплуатации и проявляется в постепенном изменении размеров и (или) формы тела. Виды разрушения поверхностей деталей при трении многообразны, что связано с совокупным действием механических, физико-химических, электрохимических и других процессов при контакте и условиями окружающей среды (температуры, влажности и т. п.) [1-2].

Основными факторами, определяющими повреждение поверхностей и износ, являются: пластические деформации, разрушение микронеровностей и оксидных пленок в результате внедрения отдельных участков поверхности одной детали в сопряженную поверхность другой детали и их взаимного смещения; адгезионное схватывание и перенос металла с одной детали на другую; наводороживание и окислительные процессы; разрушение «мостиков» схватывания и др [3].

Изготовительная наплавка служит для получения новых биметаллических (многослойных) изделий. Такие изделия состоят из основы (основной металл), обеспечивающей необходимую конструкционную прочность, и наплавленного рабочего слоя (наплавленный металл) с особыми свойствами (износостойкость, термостойкость, коррозионная стойкость и т. д.) [4].

Восстановительная наплавка применяется для восстановления первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл может быть близок по составу и свойствам основному металлу (восстановительная размерная наплавка) или отличаться от них (восстановительная износостойкая наплавка) [5,6].

Электроды для наплавки в подавляющем большинстве имеют основные покрытия. Это позволяет за счет низкого содержания водорода в наплавленном металле обеспечить лучшую его сопротивляемость образованию трещин при наплавке деталей из сталей с повышенным содержанием углерода, жестких изделий. Разработанный состав электродного покрытия для износостойкой наплавки содержит следующие компоненты, мас. %: мрамор - 26-28; пегматит - 14-16, графит - 9-11, ферросиликомарганец - 10-12; феррохром 25-27; ферротитан - 10-12.

Шлаковую систему электродов для износостойкой наплавки содержащих следующие компоненты, мас. %: мрамор - 26-28; пегматит - 14-16, графит - 9-11, ферросиликомарганец -

10-12; феррохром 25-27; ферротитан – 10-12 составляют оксиды кальция (мрамор), кремния (пегматит) и алюминия (пегматит).

В системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ температура плавления 1300°C имеет место при составах $\sim 50\% \text{SiO}_2$, $\sim 30\% \text{CaO}$ и $\sim 20\% \text{Al}_2\text{O}_3$. В данной системе образуется несколько химических соединений, в том числе два тройных: $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$, содержащее 20% CaO , 37% Al_2O_3 и 43% SiO_2 и плавящееся при 1550°C , а также $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$, содержащее 41% CaO , 37% Al_2O_3 и 22% SiO_2 и плавящееся при 1590°C . В рассматриваемой системе имеется большая область расплавов с температурой плавления, не превышающей 1600°C , что обеспечивает широкое использование шлаков на основе $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$. Шлаки этой системы в случае содержания в них 48—54% CaO при остывании рассыпаются в порошок.

Минералогический состав шлака и его структура также оказывают влияние на его физические и технологические свойства.

Нами исследовалось влияние добавок оксидов Na_2O и K_2O (содержание 7,08% и 4,15% в пегматите соответственно) на свойства шлака (плотность, вязкость, поверхностное натяжение), относящегося к системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Параллельно исследовалось влияние физического состояния шлаков на сварочно-технологические свойства, такие как: кроющая способность шлака и его отделимость.

Для измерения вязкости шлаков применяли методы вискозиметрии. Метод основан на законе течения жидкости, находящейся в зазоре между двумя соосными телами, причем одно из тел вращается, а другое неподвижно. Вязкость определяют по измеренному крутящему моменту при заданной угловой скорости. Измерение вязкости шлака производили на ротационном вискозиметре с вращающимся рабочим телом.

Отделимость шлаковой корки – один из важнейших показателей технологичности наплавочных материалов. Отделимость шлака зависит преимущественно от эпитаксиального срастания шлака и металла шва, что возможно, если они имеют на границе раздела фаз близкую структуру. С увеличением содержания Na_2O и K_2O отделимость шлаковой корки понижается.

Литература

1. Шлепаков В. Н. Современные электродные материалы и способ электродуговой сварки плавлением (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2011. – №10. – С. 31-35.
2. Моравецкий С. И. Отделимость шлаковой корки при дуговой сварке (обзор) Ч. 1. Механизм химического сцепления шлаковой корки с металлом шва // Автоматическая сварка. – 2011. – №1. – С. 32-37.
3. Моравецкий С. И. Отделимость шлаковой корки при дуговой сварке (Обзор). Ч. 2. Характер влияния основных факторов на отделимость шлаковой корки // Автоматическая сварка. – 2011. – №2. – С. 22-27.
4. Кузнецов М.А. Нанотехнологии и наноматериалы в сварочном производстве (Обзор) / М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин // Сварочное производство. – 2010. – №12. – С.23-26.
5. Марченко А.Е. Влияние технологических факторов изготовления электродов на содержание водорода в наплавленном металле // Автоматическая сварка. – 2013. – № 8 – С. 14-25.
6. Легирующие элементы в минеральных и синтетических компонентах сварочных материалов / Ю.В. Адкина, А.И. Николаев, В.Б. Петров, Н.М. Путинцев // Журн. прикл. химии. – 2016. – Т.83, №12. – С. 1960– 1964

**К вопросу разработки математической модели
формирования химического состава литого металла
шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса**

Магистрант Ф. Андаев

Научный руководитель доц., PhD З.Д. Эрматов

Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент

При автоматической дуговой сварке под слоем флюса формируются капли металла и шлака, определяющие состав литого металла сварного шва и сварочно-технологические свойства материалов, формирование поверхности шва, отделимость шлаковой корки и др. Капли формируются при плавлении сварочной проволоки и плавленого флюса и взаимодействии образованных фаз друг с другом и газом. Процессы взаимодействия фаз, протекающие на различных стадиях нагрева и плавления электродной проволоки, определяют их конечный состав. Учёные ведущих стран мира, такие как Е.О. Патон, И.К. Походня, В.В. Подгаецкий, А.А. Ерохин, Г.Л. Петров и другие исследовали процессы перехода отдельных элементов на основании сравнения исходного состава и состава металла шва [1-4].

Несмотря на достигнутые научные результаты в области создания и разработки состава плавленых флюсов, остается много нерешенных задач: недостаточно изучены модели и методы прогнозирования состава литого металла сварного шва при автоматической дуговой сварке. Для решения данной задачи, проведено исследование, позволившее оценить результаты процессов сварки, протекающих в твердой фазе, капле и металлической ванне, определить усредненные и парциальные коэффициенты перехода элементов. Разработанная физическая модель формирования химического состава литого металла шва, основанная на классификации компонентов покрытия электрода при автоматической дуговой сварке под флюсом была положена в основу создания математической модели:

1. Усредненный коэффициент перехода $\bar{\eta}_{E_z}$, понимаемым как доля массы элемента E_z , остающаяся в наплавленном металле (металле шва):

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{m_{E_z}^{напл}}{m_{E_z}^{смеш}}, \quad (1)$$

где $m_{E_z}^{напл}$ - масса элемента E_z в данном объеме металла после взаимодействия, кг;

$m_{E_z}^{смеш}$ - масса элемента E_z в металле без учета химических реакций, кг.

2. Общий усредненный коэффициент перехода элемента E_z :

$$\bar{\eta}_{E_z} = a\eta_{E_z}^{св.пр} + b\eta_{E_z}^{ч.м.} + c\eta_{E_z}^{фер} + d\eta_{E_z}^{шл.мин} + e\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ} \quad (2)$$

$$a + b + c + d + e = 1 \quad (3)$$

где a , b , c , d и e - доли участия сварочной проволоки, ферросплавов, металла, восстановленного из шлака минерального сырья и искусственно получаемых химических веществ, входящих в состав плавленого флюса, в формировании наплавленного металла;

$$\eta_{E_z}^{св.пр} = 1 - k_1^{E_z}, \quad (4)$$

$$\eta_{E_z}^{ч.м.} = 1 - k_2^{E_z}, \quad (5)$$

$$\eta_{E_z}^{фер} = 1 - k_3^{E_z}, \quad (6)$$

$$\eta_{E_z}^{шл.мин} = k_4^{E_z}, \quad (7)$$

$$\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ} = k_5^{E_z}, \quad (8)$$

где $\eta_{E_z}^{св.пр.}$, $\eta_{E_z}^{фер}$, $\eta_{E_z}^{шл.мин}$ и $\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ}$ - парциальные коэффициенты перехода элемента E_z в наплавленный металл из сварочной проволоки, ферросплавов, шлака, получаемого из минерального сырья и искусственных получаемых химических веществ, входящих в состав плавленного флюса, соответственно.

$k_1^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металла сварочной проволоки, окисленной газом и шлаком;

$k_2^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металлической части плавленного флюса (группа 1. Ферросплавы), окисленной газом и шлаком;

$k_3^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части плавленного флюса (группа 2. Минеральное сырье), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли;

$k_4^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части плавленного флюса (группа 3. Искусственно получаемые химические вещества), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли.

3. Масса элемента в наплавленном металле

$$m_{E_z}^{напл} = m^{св.пр.} \cdot \frac{E_z^{св.пр.}}{100} + \sum_{k=1}^l m_k^{фер} \cdot \frac{E_z^{фер}}{100} + \sum_{k=1}^p m_k^{шл.мин} \cdot \frac{E_z^{шл.мин}}{100} + \sum_{k=1}^s m_k^{шл.иск.вещ} \cdot \frac{E_z^{шл.иск.вещ}}{100} = m_{E_z}^{св.пр.} + m_{E_z}^{фер} + m_{E_z}^{шл.мин} + m_{E_z}^{шл.иск.вещ}, \quad (9)$$

где $m_{E_z}^{св.пр.}$, $m_{E_z}^{фер}$, $m_{E_z}^{шл}$ массы элемента E_z в сварочной проволоке, ферросплавах и восстановленная из неметаллических компонентов, вводимых в состав плавленного флюса, соответственно.

4. Усредненный коэффициент перехода элемента E_z ,

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{[E_z]_{н.м.}}{a[E_z]_{св.пр.} + b[E_z]_{фер.} + c[E_z]_{шл.мин} + d[E_z]_{шл.иск.вещ.}} \quad (10)$$

где $[E_z]_{н.м.}$ - концентрация элемента E_z в наплавленном металле по результатам химического анализа, мас.%;

$[E_z]_{стер}$ - исходная концентрация элемента E_z в сварочной проволоке, мас.%;

$[E_z]_{фер}$ - исходная концентрация элемента E_z ферросплава, вводимого в состав плавленного флюса, мас.%;

$[E_z]_{шл.мин}$ - концентрации элемента E_z при полном восстановлении оксида элемента E_zO_m из минеральных веществ шлака, мас.%;

$[E_z]_{иск.вещ.}$ - исходная концентрация элемента E_z в химически чистых веществах, вводимых в состав плавленного флюса, мас.%;

5. Масса компонента в сварочной ванне:

$$m_{E_z} = \frac{m_{св.ванны} \cdot [E_z]_{распл}}{100} \quad (11)$$

где $m_{св.ванны}$ - масса сварочной ванны, кг; $[E_z]_{распл}$ - концентрация компонента E_z в сварочной ванне, мас.%;

6. Коэффициент потерь металла при автоматической дуговой сварке под слоем флюса:

$$k_{пот}^{Me} = \frac{m_{св.пр.} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{шл.иск.вещ} - m_{напл,ме}}{m_{стер} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{шл.иск.вещ}} \quad (12)$$

где $m_{ме}^{шл.мин}$ - масса металла, восстановленного из шлака и перешедшего в сварочную ванну, кг.

7. Коэффициент потерь шлака при автоматической дуговой сварке под слоем флюса:

$$k_{ном}^{шл} = \frac{m_{шл} - m_{шл}^{эксп}}{m_{шл}} \quad (13)$$

где $m_{шл}$ - масса шлака, образовавшегося при плавении, полученная расчетным путем, кг;

$m_{шл}^{эксп}$ - масса шлака, образовавшегося при плавении, полученная из эксперимента, кг.

$$m_{шл} = m_{пок} - m_{фер} - m_{газ} + m_{окс}, \quad (14)$$

где $m_{пок}$ - масса покрытия, кг;

$m_{фер}$ - масса ферросплавов в составе плавленного флюса, кг;

$m_{газ}$ - масса газообразных продуктов, образовавшихся при диссоциации и испарении компонентов покрытия электрода, кг;

$m_{окс}$ - масса оксидов, образовавшихся при окислении компонентов сварочной проволоки и ферросплавов в составе плавленного флюса, кг.

8. Формирование состава металла шва:

$$[E_z]_{св.шов} = [E_z]_{осн.ме} \cdot \gamma_{осн.ме} \cdot \eta_{E_z}^{осн.ме} + [E_z]_{нап.ме} \gamma_{нап.ме} \quad (15)$$

где $[E_z]_{св.шов}$ - концентрации элемента E_z в металле шва при однослойной наплавке по результатам химического анализа, мас.%; $[E_z]_{осн.ме}$ - концентрации элемента E_z в основном металле по результатам химического анализа, мас.%; $[E_z]_{нап.ме}$ - концентрации элемента E_z в наплавленном металле по результатам химического анализа, мас.%; $\gamma_{осн.ме}$ - доля участия основного металла в металле шва; $\gamma_{нап.ме}$ - доля участия наплавленного металла в металле шва, при этом; $\eta_{E_z}^{осн.ме}$ - парциальный коэффициент перехода элемента E_z из основного металла в металл шва.

9. Парциальный коэффициент перехода элемента E_z из основного металла в металл шва:

$$\eta_{E_z}^{осн.ме} = \frac{[E_z]_{св.шов} - [E_z]_{нап.ме} \gamma_{нап.ме}}{[E_z]_{осн.ме} \cdot \gamma_{осн.ме}} \quad (16)$$

Разработана математическая модель процесса формирования литой структуры металла шва при автоматической дуговой сварке на основе классификационной схемы компонентов, входящих в состав сварочных плавленных флюсов. Установлено, что сравнительные расчетные данные математической модели согласуются с экспериментальными данными с незначительными расхождениями – 5%.

Литература

1. Наумов С.В., Игнатова А.М., Игнатов М.Н. Опыт использования минерального сырья Пермского края в производстве сварочных материалов. – Сб. тр. МНТК «Современные проблемы машиностроения». –Томск: НИ ТПУ. –2010. –С. 372–377.
2. Наумов С.В., Игнатова А.М., Игнатов М.Н. Проект разработки технологии производства плавленных сварочных флюсов на базе камнелитейного производства – Сб. науч. тр. I междунар. науч.-практ. интернет-конф. «Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (INNOTECH 2009)». –Пермь: ПГТУ. –2010. –С. 73-79
3. С.В. Наумов, А.Е. Канина, А.М. Игнатова, М.Н. Игнатов. О фракционном составе сварочных флюсов// Научно-технический вестник Поволжья. –2013. –№ 2. –С. 166-169
4. Подгаецкий В.В., Кузьменко В.Г. Сварочные шлаки. Справочное пособие. –Киев, 1988. –253 с

Охрана труда, про- мышленная безопас- ность и ЭКОЛОГИЯ

Особенности насосно-рукавных систем

Студент Голованов А.А.

Научный руководитель Онищенко С.А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г.Донецк

Для борьбы с неконтролируемым процессом горения, сопровождающимся уничтожением материальных ценностей и создающим опасность для жизни людей – пожаром, человечество издавна использовало воду. Поэтому вопросы противопожарного водоснабжения всегда были в центре внимания при борьбе с этой грозной стихией.

Расчет требуемого объема воды – первоочередная задача при проектировании, т.к. от правильного её решения зависит эффект системы противопожарной защиты и технико-экономические показатели противопожарного водоснабжения.

Достижения в развитии техники водоснабжения и оборудования для подачи воды, а также создание новых химических добавок (пенообразователей, смачивателей, загустителей и др.), повышающих эффект применения воды при тушении пожаров, потребовали разработки методов определения потребного количества воды для пожарных целей.

Потребление воды для тушения пожаров колеблется в зависимости от площади очага пожара, категории пожарной опасности объекта, рациональности использования техники для подачи воды и др. Расход воды для тушения пожаров играет важную роль при расчете параметров технических средств подачи воды и разработки требований бесперебойного водоснабжения во время тушения пожаров. Из-за многообразия и малой достоверности информации о режимах водопотребления зачастую принимают субъективные решения, что отрицательно отражается на эффективности системы противопожарного водоснабжения.

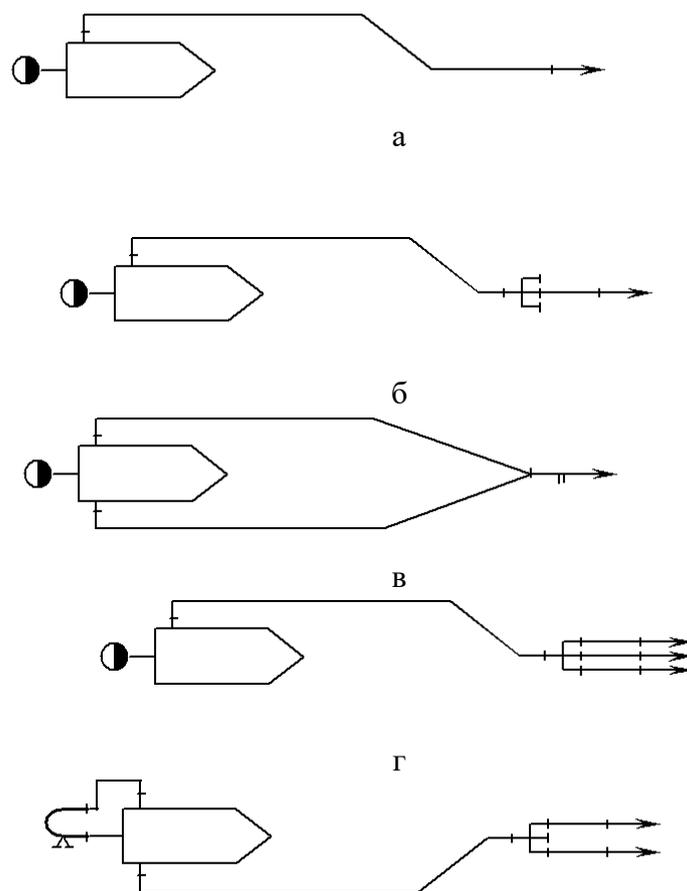
Воду на тушение пожара отбирают из наружных водопроводных сетей через пожарные гидранты передвижной пожарной техникой или непосредственно от гидрантов через колонку и рукава ее подают на стволы (водопровод высокого давления). В случае отсутствия водопровода или недостаточного количества воды используют естественные (реки, озера и др.) и искусственные (резервуары, баки и др.) водоемы, оборудованные специальными устройствами и сооружениями для забора воды пожарной техникой. Подача воды во время тушения осуществляется насосно-рукавными системами, вид которых определяется характером развития пожара и требованиями обеспечения быстрого и надежного его тушения. Основные схемы насосно-рукавных систем, используемых в практике пожаротушения, приведены на рис. 2.1.

Локализация и тушение небольших очагов загорания при достаточном запасе воды в автоцистерне (АЦ) или немедленное введение огнетушащих средств для обеспечения работы по спасанию людей, предотвращению взрывов, аварий, обрушений конструкций и т. д. производятся по схеме, показанной на рис. 2.1, а. В этом случае используется АЦ, устанавливаемая у очага пожара, от насоса которой прокладывается рукавная линия, обеспечивающая работу пожарного ствола.

Если запаса воды в АЦ для тушения пожара недостаточно, то передвижные пожарные насосы устанавливаются на водоисточник, прокладывается магистральная рукавная линия, а рабочие рукава подсоединяются к ней через рукавное разветвление, устанавливаемое вблизи очага пожара (рис. 2.1, б). Этот вид насосно-рукавной системы называется последовательным соединением.

При тушении крупных пожаров применяются лафетные стволы (диаметр насадка ствола 25 мм и более). При этом используют несколько магистральных линий, подсоединенных через рукавный водосборник к стволу (рис. 2.1, в). Такая насосно-рукавная система называется параллельным соединением.

В практике пожаротушения часто возникает необходимость подачи нескольких стволов, работа которых обеспечивается самостоятельными рабочими рукавными линиями,



а– простое соединение; б – последовательное соединение; в– параллельное соединение; г – смешанное соединение; д– гидроэлеваторная система

Рисунок 2.1 - Виды насосно-рукавных систем

подсоединенными через разветвление к магистральной рукавной линии (рис. 2.1, г). Такой вид насосно-рукавной системы называется смешанным соединением.

В малых населенных пунктах, особенно в сельской местности, часто отбор воды для пожаротушения производится непосредственно из естественных или искусственных водоемов. При этом возникает необходимость забора воды с глубин, превышающих допустимую высоту всасывания центробежных насосов, часто подъезд к водоему затруднен. Кроме того, при работе насоса возможны аварии всасывающих линий, что приводит к невозможности подачи воды на пожаротушение. Одним из способов решения этих проблем является применение гидроэлеваторных систем. Схема забора воды гидроэлеваторной системой показана на рис. (2.1, д). В качестве струйного насоса в этих системах используются гидроэлеваторы Г-600 или Г-600А.

Гидроэлеваторными системами можно забирать воду с глубин до 20 м или по горизонтали от гидроэлеватора до насоса на расстояние до 100 м.

Водопотребление при тушении пожаров характеризует определенную последовательность подачи воды, которая объединяет три этапа: приведение передвижных средств тушения в действие, локализация пожара и его ликвидация. Каждому этапу присущи определённые признаки: первому – число и протяжность рукавных линий, необходимых для подачи воды от пожарных гидрантов до очага пожара; второму - периметр пожара (фронт распространения огня) $П_{п}$ и скорость развития пожара $U_{п}$. Третьему – удельный расход для тушения пожара на основе проводки экспериментальных данных о развитии пожаров в зданиях получена эмпирическая формула для определения скорости развития пожара в здании $U_{п}$, содержащем твердые сгораемые материалы (характеристика которых близка к показателям пожарной опасности древесины):

$$U_{\Pi} = \Omega m * (Sh) * (SL) \quad (1)$$

Условия локализации (ограничения возможности распространения огня и создание условий для его ликвидации) пожаров при достаточной интенсивности водообеспечения ($I_{\phi} \geq I_T$)

$$Q_{mp}^T = S_m * I_{mp}^T \quad (2)$$

где

S_m – площадь тушения, м²;

I_{mp}^T – требуемая интенсивность подачи воды на тушение, л/(с*м²).

Количество приборов тушения(стволов) определяется по формуле

$$N_{ств}^T = \frac{Q_{mp}^T}{q_{ств}} \quad (3)$$

Это уравнение является основой для выявления закономерности, характеризующих режим подачи воды при тушении. Наиболее характерными факторами, определяющими расход воды на детали локализации пожара, является площадь пожара A , скорость развития пожара U_{Π} и продолжительность (τ), которые связаны между собой следующими выражениями:

$$A = 0,35\tau^{2,56}; U_{\Pi} = 0,896\tau^{1,56}; (0 < \tau \leq 30 \text{ мин}) \quad (4)$$

$$A = 2300(\tau - 30)^{0,168}; U_{\Pi} = 387(\tau - 30)^{0,852}; (30 < \tau \leq 80 \text{ мин})$$

В ряде случаев употребления воды характеризуются не столько параметром пожара, сколько случайными факторами, определяющими техническое состояние техники и психологическое состояние пожарных. Практика показывает, что количество расходуемой во время реального пожара воды в 4-5 раз превышает количество воды, расходуемой при тушении опытных пожаров. Потребление воды при тушении пожаров в реальной обстановке достигает 500-875 л/м². Потребление резко возрастает при тушении крупных пожаров. На основе обработки среднестатистических данных установлено, что расход воды для тушения пожара (л/с) зависит в основном от объема W (м³) горящего помещения.

$$Q=0,0223W \quad (5)$$

Рассмотренные данные свидетельствуют о преобладающем влиянии случайных факторов на процесс водопотребления при тушении пожаров передвижными средствами, поэтому вопрос о водопотреблении целесообразно рассматривать с привлечением аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Вывод. При решении задач по совершенствованию и созданию новых систем противопожарного водоснабжения в первую очередь должна быть обеспечена подача воды к месту тушения пожара с требуемыми для тушения напором и расходами. При этом надо помнить, что проектирование систем пожарного водоснабжения – это, как правило, многовариантная технико-экономическая задача, и оптимальное решение определится минимальными приведенными затратами, при условии соблюдения требований надежности и нормативных документов.

Таким образом можем сделать вывод, что гидравлика играет значительную роль в пожарной безопасности, сфера её применения не ограничивается только лишь подачей воды к месту тушения пожара и прогнозированием водопотребления. Многие процессы связанные с ликвидацией и локализацией пожара связаны именно с гидравликой.

Студент Жихарев В.Л.
Научный руководитель - Онищенко С.А.
ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г.Донецк

Тепловая энергия почетно занимает одно из ведущих мест среди энергии, необходимых для нормального функционирования жизни человека. В большинстве случаев ее используют для получения электрической энергии, для технологических нужд предприятий различного назначения. Наука, изучающая законы тепловой энергии называется теплотехника.

Теплотехника является общетехнической дисциплиной, которая занимает одно из центральных мест в инженерной подготовке современных специалистов высокой квалификации. Это обусловлено тем, что процессы получения, использования и переноса теплоты имеют место практически во всех технических устройствах и технологических процессах современной техники. Проектировании и ведении технологических процессов в различных отраслях промышленности современный специалист должен уметь правильно формулировать и решать разнообразные прикладные задачи с использованием основных законов термодинамики и теплообмена.

Теплотехника — общетехническая дисциплина, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принцип действия и конструктивные особенности тепло- и парогенераторов тепловых машин, агрегатов и устройств.

Теплотехника является неотъемлемой частью любой деятельности человечества, она применяется во всех отраслях. В 21 веке сложно представить жизнь без тепла. Человек придумал множество способов добычи тепла, в основном это природные ископаемые, при сжигании которых выделяется тепло.

Ископаемое топливо делится на:

- **Твердое.** Наиболее известные виды твердого топлива - уголь (каменный и бурый, антрацит), горючие сланцы, торф. Уголь обычно сжигают в печах. При относительно небольшом количестве необходимого топлива используются слоистые печи, где уголь в виде кусков сжигается на решетке, через которую продувается воздух. Камерные печи используются для сжигания достаточно большого количества угля. В них уголь, предварительно превращенный в порошок с размером частиц 50-300 мкм, подается в смеси с воздухом через горелки для пылеугольного топлива. Печи на мазуте и газе похожи на пылевидный уголь и отличаются конструкцией горелок или форсунок.

- **Жидкое.** Естественным жидким топливом является нефть, но само масло редко используется для выработки тепла. На нефтеперерабатывающих заводах бензин производится из нефти - топлива для автомобильных и поршневых авиационных двигателей; керосин - для реактивных самолетов и некоторых поршневых двигателей; различные виды дизельного топлива и мазута, в основном используемые на тепловых электростанциях.

- **Газообразное.** Газообразное топливо - это природный газ, состоящий из метана и других углеводородов. Древесина (дрова и древесные отходы) также служит топливом в относительно небольших масштабах.

Отопительное оборудование является основной причиной пожаров в домах. В 2012-2016 годах местные пожарные подразделения в среднем реагировали на 52 050 пожаров, связанных с отопительным оборудованием. Эти пожары привели к ежегодным потерям в 490 человек, 1400 получили ранения, а прямой материальный ущерб составил 1 миллиард долларов. Эти дома включают в себя дома на одну и две семьи (включая промышленные дома) и апартаменты (включая таунхаусы и другие многоквартирные дома). Обогреватели помещений - это тип отопительного оборудования, наиболее часто участвующего в пожарах домашнего отопления, что составляет два из каждых пяти таких пожаров и составляет 86% связанных с ними

жертв среди гражданского населения, 78% травм среди гражданского населения и 54% прямого ущерба имуществу.

- На пожары отопительного оборудования приходилось 15% всех зарегистрированных домашних пожаров в 2012-2019 годах (второе место после приготовления пищи) и 19% смертей от домашних пожаров.

- Ведущим фактором, способствующим возникновению пожаров в домах (27%), была неспособность очистить, главным образом, от твердотопливного отопительного оборудования, в первую очередь дымоходов.

- Ведущим фактором, способствующим возгоранию при пожаре в домашнем отоплении (54%), было нагревание оборудования слишком близко к вещам, которые могут гореть, таким как мягкая мебель, одежда, матрас или постельное белье.

- Большинство случаев смерти от пожара в домашнем отоплении (86%) связаны со стационарными или переносными обогревателями помещений.

- Почти половина (48%) всех пожаров, связанных с отоплением домов, произошли в декабре, январе и феврале.

Примеры отопительного оборудования:

Котлы на мазуте

Тепло вырабатывается при сжигании бытового топлива, которое хранится в резервуаре. Это делает масляные котлы подходящими для индивидуальных домов, особенно в сельской местности, которая не подключена к коммунальной газовой сети. В новых котлах часть тепла от дымовых газов отводится за счет конденсации, что повышает КПД на 15-20% по сравнению с обычными моделями. При конденсации образуется жидкость, которая сливается со сточными водами. Этот тип котла также помогает уменьшить выделение определенных газов: он может уменьшить выбросы углекислого газа (CO₂) на 30%, диоксид серы на 53% и оксид азота на 80%.

Газовые конденсационные котлы

Газовые котлы просты в установке и могут быть снабжены экономичным газом из коммунальной сети, который дешевле мазута. Более новые котлы также интегрируют конденсационную систему с теми же преимуществами, что и для масляных котлов. Их сезонная эффективность может достигать более 90%. И хотя их покупка на 30% дороже, чем у обычных котлов, они потребляют на 15-20% меньше энергии и могут претендовать на налоговые льготы.

Низкотемпературные газовые котлы

Эти котлы направляют воду, которая не так горяча, как вода из обычных моделей (50°C против 90°C, в целом), через систему центрального отопления. Они используют меньше газа в сочетании с низкотемпературными системами теплого пола или радиаторами, которые, как правило, больше, чем обычные радиаторы. Если излучатели не подходят, котел будет работать дольше и потреблять больше газа.

Микро-комбинированная теплота и мощность (микро-ТЭЦ) котлы

Некоторые газовые котлы могут быть использованы для получения электрической одновременно с теплом. Это известно как комбинированная теплоэнергетика (ТЭЦ).4. электричество либо потребляется на месте, либо продается в общественную сеть. Не очень широко используемое во Франции, это оборудование в основном продается в странах, где стоимость электроэнергии высока. Япония разрабатывает стационарные топливные элементы, которые генерируют тепло и электричество, используя водород производится на месте из сжиженный природный газ (СПГ) .

Электрический котел

Эти котлы используют электрическое сопротивление для нагрева воды. Некоторые "ионные" модели используют электрическое поле между двумя электродами для получения тепла. Несмотря на то, что они стоят дешевле, электрические котлы потребляют много энергии, если они не объединены с системой контроля температуры, включающей эффективные термостаты и низкотемпературные тепловые излучатели. Они не имеют права на льготы по экологическому налогу.

Дровяные котлы

Во Франции растет использование древесины для отопления. Пеллетные котлы наиболее эффективны, но они обычно требуют отдельного помещения, например погреба. Некоторые из них оснащены автоматическими системами включения и выключения котла и подачи в него пеллет, что исключает необходимость обработки мешков с пеллетами. В то время как эти котлы могут быть дорогими, древесина является самым дешевым топливом на рынке. Энергоэффективность составляет от 65% до 90% для бревенчатых котлов или от 75% до 105% для пеллетных и древесностружечных котлов.

Геотермальная тепловые помпы

Используя датчики, зарытые в землю – что может потребовать довольно большого двора-геотермальные тепловые насосы используют земное тепло, которое затем распределяется по дому с помощью радиаторов центрального отопления, систем теплого пола или фанкойлов. Насосы обычно используются рядом с "буферным" резервуаром для хранения горячей воды до тех пор, пока она не будет подана в тепловую сеть. Постоянство тепла Земли означает, что геотермальные тепловые насосы являются надежным способом обогрева домов и избегают необходимости использовать резервный источник. Этот метод является энергоэффективным на 140-190%. Смотрите крупные планы на экране очень низкотемпературная геотермальная энергия и низкотемпературная геотермальная энергия.

Тепловые насосы источника воздуха

Они состоят из двух блоков: один снаружи поглощает тепло из воздуха, а другой внутри распределяет его по дому. Насосы типа "воздух-воздух" обеспечивают отопление через фанкойлы, в то время как насосы типа "воздух-вода" подключены к системе центрального отопления и водоснабжения здания thesnbar. Поскольку этот метод подвержен колебаниям температуры наружного воздуха, он обычно требует встроенной резервной системы, чаще всего работающей на электричестве. Это снижает сезонную эффективность до 110-130%.

Комбинированные солнечные системы

Этот метод работает так же, как и индивидуальный солнечный водонагреватель, но связан с центральной системой отопления дома. Энергия рекуперирована снаружи через солнечные тепловые панели и передается через теплоноситель в резервуар для горячей воды и, в комбинированной системе, в центральную тепловую сеть. Однако, поскольку солнечный свет является прерывистым, эти системы необходимо использовать в сочетании с дополнительным источником отопления. Их эффективность оценивается от 90% до 160%.

Районные и коллективные тепловые сети

Квартиры могут быть отапливаемы через коллективную тепловую сеть, общую для всего здания, питаемую от котла в подвале. Они также могут быть соединены с районной сетью, если таковая имеется поблизости, которая снабжается теплом, вырабатываемым в промышленных котлах.

Вывод

Таким образом мы делаем вывод, что теплотехника очень важна для нас как будущих инженеров, для прогнозирования опасных факторов пожара. Знания приобретенные после изучения теплотехники, необходимыми при подготовке инженеров самых разнообразных специальностей. Знание закономерностей различных теплофизических процессов является необходимым при разработке мер предупреждения и способов ликвидации последствий разного рода чрезвычайных ситуаций, во многих случаях сопровождающихся пожарами и взрывами.

Безопасность при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей

Студентка Назина Э.С.

Научный руководитель Онищенко С.А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г. Донецк

Каждый год на Земле случается в пределах 7 млн пожаров, при которых гибнут до 70 тыс. человек, в РФ – в пределах 240 тыс. пожаров, при которых гибнут 18–19 тыс. человек и в пределах 14 тыс. получают ожоги, травмы и увечья. Лишь только прямой вред от пожаров выше 7 миллиардов руб.

Пожарная безопасность технологических процессов, оборудования и в целом предприятия обеспечивается комплексом профилактических мероприятий, направленных на предотвращение взрывов и пожаров, на их локализацию и на создание условий для эффективного их тушения. Таким образом, технологические процессы, анализ пожарной опасности того или другого аппарата, операции, технологического процесса в целом исследуются с учетом фундаментальных законов физики, химии, термодинамики, механика и общенаучных предметов, изучаемых студентами в Университете.

В качестве особой дисциплины, пожарная безопасность технологические процессы обобщает и используют практический опыт службы пожаротушения по осуществлению надзорных функций за противопожарным режимом на промышленных предприятиях.

К более прогрессивным технологиям нашего времени относят: космическая техника, микроэлектроника, атомная энергетика, нанотехнология, микробиология, а также работотехника и т.д.

С середины XIX века разработка начала формироваться как самостоятельная наука с фундаментальной основой. В конце XVIII века в общем массиве знаний о технике стали различать традиционный описательный раздел и новый, нарождающийся, который получил название «технология». Иоганн Бекман (1739-1811) ввел в научное употребление термин «технология» которым он назвал научную дисциплину, читавшуюся им в германском университете в Геттингене с 1772г. В 1777г. Он опубликовал работу «Введение в технологию», где писал: «Обзор изобретений, их развития и успехов в искусствах и ремеслах может называться историей технологических искусств»

Первый фундаментальный труд по теории теплотехники «Размышления о движущей силе огня и машинах, способных развивать эту силу» издал французский инженер Сади Карно в 1824 г. Он предсказал, что тепловым машинам «суждено совершить большой переворот в цивилизованном мире», и поставил цель, определить причины их несовершенства. В своем труде Карно заложил основы термодинамики, поскольку там сложились (хотя и полученные с помощью теории «теплорода») и оба начала термодинамики, и ее основные понятия и другие важные положения.

Каждое подразделение имеет ряд технологических процессов, целью которых является получение готовой продукции из начального сырья. Технологический процесс можно считать как часть производственного процесса, связанная с поочередным преобразованием предмета в продукт производства. Из всего обилия технологических процессов обращают внимание на главные типы: механический, гидродинамический, тепловой, химический и диффузионный.

Сервис теплотребляющих установок и трубопроводов

Запрещается эксплуатация теплообменных аппаратов у которых было выявлено истечение срока годности, а также, у которых выявлены дефекты и присутствует нарушение надежной и безопасной работы.

Все трубопроводы и теплообменные аппараты должны иметь в верхних точках воздушники, а в нижних точках и застойных зонах - дренажные устройства, соединенные непосредственно с атмосферой. Исправность предохранительных клапанов, манометров и другой арматуры теплообменного аппарата должен проверять обслуживающий персонал в соответствии с инструкцией по обслуживанию теплообменных аппаратов. Во время работы теплопотребляющей установки ее починка или же работы, связанные с ликвидацией неплотностей соединений отдельных составляющих, оказавшихся под давлением, воспрещаются. При обнаружении свищей в пароводяных трактах начальник смены цеха обязан немедленно определить опасную зону, прекратить в ней все работы, удалить из нее персонал, оградить эту зону и вывесить плакаты и знаки безопасности "Проход воспрещен", "Осторожно! Опасная зона". О принятых мерах должно быть доложено вышестоящему дежурному. Подлежащая починке теплопотребляющая аппаратура (участок трубопровода) во избежание попадания в нее пара или же горячей воды обязана быть отключена со стороны соседних трубопроводов и оборудования и дренажных и обводных линий. Дренажные части и воздушники, сообщаемые именно с атмосферой, обязаны быть не закрыты. Отключать теплообменные аппараты (трубопроводы) необходимо двумя последовательно установленными задвижками. Между ними должно быть дренажное устройство, соединенное непосредственно с атмосферой.

В отдельных случаях, когда нельзя отключить для ремонта теплообменный аппарат (трубопровод) двумя последовательными задвижками, допускается с разрешения главного инженера предприятия отключать ремонтируемый участок одной задвижкой. При этом не должно быть парения (утечки) через открытый на время ремонта на отключенном участке дренаж в атмосферу. Разрешение главного инженера фиксируется его подписью на полях наряда.

Проведение теплоизоляционных работ на работающем оборудовании, за исключением отделочных работ - устройства защитного слоя тепловой изоляции и ожогушивания, запрещается.

При выполнении теплоизоляционных работ с применением проволоки концы проволочного каркаса изоляции и проволочных крепежных деталей должны быть загнуты и закрыты изоляционным или отделочным слоем. Оставлять концы проволоки незагнутыми, а также применять неотожженную проволоку запрещается.

Циркульная пила должна быть жестко закреплена перед резкой теплоизоляционных изделий стационарная или переносная, должна быть включена вытяжная вентиляция. Запрещается приближать руки к вращающемуся диску пилы. Перед тем как начать работу на оборудовании и тепловых сетях, подлежащих изоляции, нужно убедиться в отсутствии парения, течей, а также в устойчивости режима работы соседнего действующего оборудования.

Тепловые пункты должны размещаться в отдельных изолированных помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией. При длине теплового пункта 12 м и более должно быть не менее двух выходов из него, один из которых наружу. Размеры тепловых пунктов должны создавать возможность нормального обслуживания оборудования (перекачивающих устройств арматуры, теплообменных аппаратов, трубопроводов и т.п.). Тепловые пункты должны быть оборудованы грузоподъемными механизмами с ручным или электрическим приводом для подъема и перемещения оборудования. В тепловых камерах для этого можно использовать ручные тали. Размеры каналов, туннелей, количество люков камер, расстояния между камерами туннелей должны соответствовать требованиям СНиП и правилам Госгортехнадзора ДНР.

В подземных тепловых камерах внутренней площадью 2,5-6 м должно быть не менее двух люков, расположенных по диагонали, а при внутренней площади камер 6 м и более - четыре люка. Спуск в камеры должен проводиться по стационарным металлическим лестницам и скобам-ступеням, находящиеся непосредственно под люками.

Обходы (объезды) теплотрассы без спуска в подземные сооружения должны осуществляться группой, состоящей не меньше чем из 2 чел. При спуске в камеру или исполнении работы в ней бригада должна состоять не менее чем из 3 чел. При обходе (объезде) теплотрассы персонал так же должен иметь крючок для открывания камер, ключ для открывания

люка камеры, ограждения для установки их у открытых камер и на проезжей части, осветительные средства (аккумуляторные фонари, ручные светильники напряжением не выше 12В во взрывозащищенном исполнении), а также газоанализатор. Бригада в течение смены должна сохранять связь с дежурным, сообщая ему о проделанной работе. При выявлении дефектов оборудования, представляющих угрозу для людей и целостности оборудования, персонал должен принять меры к его отключению. При выполнении текущих ремонтных работ на тепловом пункте, когда температура теплоносителя не превышает 75 °С, оборудование следует отключать головными задвижками на тепловом пункте.

Трубопроводы тепловых сетей должны заполняться водой температурой не выше 70 °С при отключенных системах теплопотребления.

Включать и отключать первичные (запорные) вентили датчиков автоматики, КИП и защит должен персонал, обслуживающий теплопотребляющие установки. Обслуживание вторых вентилей, установленных перед датчиками, КИП и защитами, осмотр устройств тепловой автоматики и измерений на теплопотребляющих установках и внутренний осмотр тепловых щитов, панелей и т.д. должен производить специализированный персонал, обслуживающий теплопотребляющие установки. Если трубопровод или теплопотребляющая установка, к которым подключены импульсные линии, остается под давлением, то запорная арматура импульсных линий должна быть закрыта и на ней должны быть закреплены запрещающие знаки безопасности "Не открывать. Работают люди"

Отключать датчики следует закрытием первичных (отборных) вентилей на импульсных линиях без применения рычага. Если импульсные линии датчика подключены к разным отборным устройствам, должны быть закрыты первичные (отборные) вентили на всех этих устройствах. При давлении среды выше 6 МПа (60 кгс/см²) отключать датчик следует закрытием двух последовательно установленных запорных вентилей. Импульсные линии давлением выше 6 МПа (60 кгс/см²) можно ремонтировать лишь при отключенных трубопроводах (теплопотребляющих установках). Продувку импульсных линий воды и пара при отсутствии специальных продувочных устройств или забитых продувочных линиях должны выполнять с разрешения дежурного персонала технологического цеха не менее чем двое работников в соответствии с местной инструкцией, в которой должны быть указаны технологическая последовательность операций и меры безопасности. Замену, наладку термометров сопротивления, расположенных в труднодоступных местах и в местах с температурой более 33 °С, должны осуществлять не менее чем двое работников. Для вентиляции рабочих мест необходимо использовать передвижные воздушно-душирующие установки. Во избежание выброса ртути из сосудов вакуумметров необходимо плотно закрывать эти сосуды резиновой пробкой с выводом стеклянной трубки высотой 50-60 мм, соединяющей сосуды с атмосферой. При возникновении аварийного положения на теплопотребляющих установках продувка должна быть остановлена, арматура перекрыта. Основные работы с ртутными приборами (слив и заполнение ртутью, сборка, разборка, ремонт и очистка ртутных приборов, очистка и фильтрация ртути и т.п.) должны производиться в специально отведенных для этого ртутных комнатах, изолированных от других помещений.]

Теплотехника – это одна из важнейших дисциплин, необходимая в будущей работе специалиста по пожарной безопасности. Она основывает фундамент понимания человеком, как различные механизмы, сооружения или тела будут воздействовать на окружающие их предметы. Как предотвратить пожар, путем использования, например, на промышленном сооружении материалов негорючих и не проводящих тепло. Как правильно сконструировать и соорудить что-либо так, чтобы избежать поломок, неисправностей и пожаров.

Пожар — неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, опасность жизни и здоровью людей и животных. Сам процесс горения является окислительной реакцией, в процессе которой происходит выделение тепла, света и дыма. Нам известно, что пожары наносят колоссальный материальный ущерб ежедневно [1]. Соответственно, в связи с этим перед службами предотвращения пожаров встал вопрос как минимизировать этот ущерб ещё до возникновения неконтролируемого горения. Выполнение поставленной задачи, само собой, не обошлось без такой науки как Теплотехника. Теплотехника — общетехническая дисциплина, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принцип действия и конструктивные особенности тепло- и парогенераторов тепловых машин, агрегатов и устройств. То есть эта дисциплина определяет множество значений, связанных с устойчивостью материалов под термическим воздействием. Используя знания инженеров в сфере теплотехники, удалось намного снизить пожарную нагрузку строительных конструкций и помещений.

Пожарная нагрузка — количественный показатель, описывающий интенсивность или продолжительность пожара. Под пожарной нагрузкой обычно понимается общее количество теплоты, выделяющееся в окружающее пространство после сгорания всех воспламеняющихся материалов и предметов в конкретном здании или помещении. Снижение этой самой пожарной нагрузки достигается ещё во время проектирования здания или строительной конструкции. Так, например, планировщики для обеспечения наибольшей огнезащиты стараются использовать огнезащитные конструкции, материалы с большей сопротивляемостью к температурным воздействиям, огнезащитные лакокрасочные покрытия и т.д.

В Донецкой Народной Республике, а особенно в крупных городах, как, к примеру, Донецк или Макеевка горение квартир, домов, участков является уже не редкостью. Будь то неосторожность, поджог либо пожар в последствии обстрела, это несёт за собой как материальный ущерб, так и человеческие жертвы. Именно поэтому перед органами государственного пожарного надзора и перед правительством Республики (как и любого другого государства) одной из первых стоит проблема обеспечения строительным конструкциям максимальной огнезащиты, учитывая при этом ограниченный бюджет. Задача не из простых, так как для её решения требуется учесть слишком много переменных и постоянных значений. Именно здесь помогает теплотехника, которая большую часть переменных уже давно обозначила и систематизировала. Пожарную защиту здания, помещения или строительной конструкции обеспечивают ещё при проектировании одного. Учитывают также немало переменных: особенности региона, класс здания, расположения здания в населённом пункте и т.д. Что ж, перейдём, непосредственно, к процессу подбора строительных материалов.

Выбор материалов для начала строительства не обходится без учёта характеристик этих самых материалов, требуется делать для себя отчёт о том, что это самый важный этап строительства, ведь после начала строительства поменять материал будет трудно физически и материально. Конечно, характеристики материалов - это обширный спектр разных позиций, но раз мы говорим о пожароопасности конструкции, мы берём одну из ключевых позиций – теплопроводность. Теплопроводность определяется значением коэффициента теплопроводности. Коэффициент теплопроводности – это некоторое количество теплоты, которое какой-либо материал может провести через себя за единицу времени. Соответственно, величина этого коэффициента немаловажна для учёта пожароопасности, ведь чем он больше, тем лучше заданный материал проводит теплоту (и, соответственно, наоборот). Для примера, рассмотрим диаграмму теплопроводности основных строительных материалов.

Используя значения этих коэффициентов и происходит подбор материалов для строительства. Так, к примеру, материалы с низким коэффициентом теплопроводности используются как утеплители, так как они плохо проводят теплоту через себя и оставляют её в помещении. Материалы с высоким коэффициентом теплопроводности же используются для целей, где нужен отвод или перенос теплоты. Как пример возьмём обогревательные батареи – они делаются из материала с определённо высоким коэффициентом (сталь, алюминий, медь и т.д.) теплопроводности для того, чтобы передавать тепло от нагретой жидкости в полую часть батареи к помещению. Современные постройки, как правило, не строятся из одного материала, то есть их стены состоят из нескольких слоёв разных материалов с, соответственно, разной теплопроводностью. В таком случае коэффициент теплопроводности принято считать, суммируя коэффициенты всех материалов, которые заключает в себе стена, потолок, перегородка и т.д. Эта самая сумма всех коэффициентов представляет собой способность ограждающей конструкции изолировать тепло в помещении (или теплоизоляционную способность). Помимо тепловой проводимости материала, следует учитывать ещё одну позицию из характеристик материала – тепловое сопротивление. Эта характеристика отражает способность какого-либо материала сопротивляться прониканию через него теплоты. Иначе говоря, тепловое сопротивление есть величина, обратная тепловой проводимости. Соответственно, высокое тепловое сопротивление приравнивается к низкой теплопроводности, а значит такой материал можно использовать как теплоизоляционный материал. Теплоизоляционные материалы немаловажны в постройке здания, и понятно почему, ведь помещение должно сохранять в себе тепло. Для этого и обшивают здания и помещения специальной стекловатой, пенопластом и т.д. Соответственно, раз материалы с высоким показателем теплового сопротивления используются для теплоизоляции, то материалы с низким показателем теплового сопротивления принято использовать, как правило, для отопления (в качестве отопительных труб, батарей).

Итак, для того, чтобы добиться от помещения лучшего сохранения тепла в зимнюю пору и прохлады в летнюю, требуется, чтобы показатель тепловой проводимости перекрывных конструкций (стен, пола, потолка, кровли и т.д.) был не ниже определённого значения. Особенность этого значения в том, что оно изменяется в зависимости от региона, в котором предполагается постройка зданий. Точно так же рассчитывается и количество материалов, которые войдут в состав строительных перегородок: толщина материалов этого «пирога» берут так, чтобы суммарное значение было как минимум не меньше требуемого значения для определённого региона. Следует также учитывать, что у некоторых строительных материалов при повышении влажности начинает увеличиваться показатель коэффициента теплопроводности. Соответственно, при расчёте тепловой проводимости, если в составе конструкции есть такие материалы, следует учесть это условие.

Несмотря на то, что перекрывные конструкции можно строить из совершенного множества материалов, тепловую проводимость этих самых строительных материалов, как правило, сравнивают с кирпичом. Так как этот материал известен подавляющему большинству, с ним проще проводить ассоциации, сравнивать теплопроводность материалов. Мы можем наблюдать диаграмму теплопроводности строительных материалов немного выше в этой же статье. Видно, что в этой самой диаграмме на первом месте находится перегородка из кирпичной кладки как пример, а затем уже размещены другие строительные материалы. Там мы видим, что кирпич имеет достаточно высокий показатель коэффициента теплопроводности, что делает обязательным добавление к кирпичной стене теплоизоляционного материала (стекловаты, пенопласта и т.д.). Любые металлические конструкции имеют достаточно высокую теплопроводность, поэтому их нередко используют в качестве мостика холода в строительных конструкциях. В соответствии с этим создаётся термический разрыв, который, определённо, нужно учитывать.

Современное строительство не обходится без возведения перегородок в несколько слоёв. Конечно, это оправдано тем, что в эти слои входят теплоизоляционные материалы, несущие конструкции, косметические материалы (проще говоря, отделка). Однако это создаёт новые трудности, ведь каждый материал имеет свою толщину, свою теплопроводность, что

значительно затрудняет нам расчёт общей теплопроводности объекта, а значит делает затруднительным расчёт толщины утеплителя. Однако этот вопрос уже давно решён за нас, ведь была сформулирована формула, которая рассчитывает толщину утеплителя. Расчёт достаточно простой и проводится по формуле:

$$R=p/k ,$$

где, R — термическое сопротивление;
p — толщина слоя в метрах;
k — коэффициент теплопроводности.

Конечно, всё не так просто, ведь до всего этого расчёта Вы должны определить строительные материалы, которые будут использоваться в строительстве. При этом нужно точно знать вид материала ограждающих конструкций, утепления, материалов отделки и т.п. Это важно учитывать, так как каждый элемент стены, потолка, пола и т.д. играет важную роль в обеспечении теплоизоляции, а также учитывается в расчётах.

В первую очередь рассчитывается сопротивление теплу строительного материала, который будет составлять основу конструкции, и лишь после этого по остаточному принципу мы подбираем толщину теплоизоляционного материала, который будет использоваться в строительной конструкции. Также можно добавить в расчёт и теплопроводность материалов отделки, но, как правило, их прибавляют к остальным. Этот фактор, несомненно, положителен, ведь так можно снизить затраты на отопление, что, соответственно, значительно отражается на бюджете строительства.

Нам известно, что проблема расчёта огнестойкости строительных конструкций стоит достаточно остро в современных реалиях, и до недавнего времени этой проблеме уделялось мало внимания, что, несомненно, привело к проблеме пожарной безопасности зданий и сооружений. Однако в связи с усложнением строительных конструкций, увеличением этажности зданий, безответственного отношения к обеспечению пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации зданий, произошёл и рост количества пожаров, что привлекло всеобщее внимание общества и заставило ответственных за пожарную безопасность лиц в скором времени исправлять свои и чужие ошибки. Неумолимо ужесточаются требования к вариантам тушения пожаров так, чтобы минимизировать возможный материальный ущерб и, конечно же, не допустить человеческих жертв. Чтобы систематизировать показатели огнестойкости зданий и сооружений, используя специальную классификацию по степени огнестойкости. Огнестойкость – это характеристика какого-либо объекта, отражающая способность этого самого объекта сопротивляться воздействию на него факторов пожара.

Способность конструкции стойко переносить воздействия факторов пожара определяют по предельному значению огнестойкости, который в свою очередь определяется отрезком времени (в минутах) с начала воздействия огнём до начала разрушения изучаемого объекта.

Собственно, этот параметр определяется следующими факторами:

- какое-то количество времени, которое должно пройти до потери объектом несущей способности при пожаре;
- единица времени до потери целостности каких-либо элементов в связи с возникновением трещин, полостей, отверстий и т.д.;
- время в минутах, прошедшее до потери способности к теплоизоляции материала маршевых переходов, площадок лестниц, бесчердачных покрытий.

Студент Смешко Е.С.

Научный руководитель - Онищенко С.А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г. Донецк

Теплотехника - это наука, занимающаяся проблемами получения, преобразования и использования энергии. Очевидно, что чем меньше потери будут при использовании или преобразовании энергии, тем выше будет эффективность производства и большую выгоду получит каждый человек.

Техносферная безопасности - это направление подготовки специалистов в области охраны труда, обеспечения промышленной безопасности технологических процессов и производств как в нормальных условиях, так и в условиях чрезвычайной ситуации.

Широкое использование тепловой энергии не только на электрических станциях, но и в других отраслях промышленности и на транспорте делает понимание процессов и знание конструктивных схем, применяемых современной теплотехникой, необходимыми при подготовке инженеров самых различных специальностей. Знание закономерностей различных теплофизических процессов является необходимым при разработке мер предупреждения и способов ликвидации последствий разного рода чрезвычайных ситуаций, во многих случаях сопровождаются пожарами и взрывами.

Обеспечение техносферной безопасности - создание благоприятных для человека условий существования в преобразуемой человеком биосфере (техносферы).

Увеличение влияния человека привело к нарушению экологического и природного баланса, а также вызвало деградацию среды и ухудшение состояния людей.

В какой-то степени техносферной безопасности схожа с областью охраны труда. Она охватывает не только сферу обеспечения безопасности работников, но и экологию.

Работа подойдет тем людям, которые хотят предупреждать чрезвычайные ситуации на производстве (воспаление, взрывы, утечка токсичных веществ) и экологические катастрофы.

В данных специалистах заинтересованы не только владельцы предприятий, но и государство. Ведь от них зависит безопасность на рабочих местах, состояние экологии рядом с промышленными объектами. Хотя они непосредственно не занимаются ликвидацией возникшей экологической катастрофы, они могут проанализировать ее последствия и работать во взаимодействии с другими службами.

Биосфера потеряла свой первоначальный вид и постепенно стала превращаться в техносферу.

В основу управления техносферной безопасности заложено несколько принципов:

1. Комплексное и системность - комплексный и системный подход к решению поставленных задач.

2. Демократический централизм - использование адекватного сочетания, как централизованного, так и децентрализованного метода управления.

3. Коллегиальность и единоначалие - все решения по управлению в области техносферной безопасности должны приниматься коллегиально (коллективно), учитывающий мнению специалистов в различных областях. Но при этом ответственность за применение коллегиальных решений лежит на высшем руководстве.

4. Научность - система управления должна строиться исключительно на научно-обоснованных фактах.

5. Сочетание территориального и отраслевого подхода в управлении. Такой принцип подразумевает использование методов, как отраслевого управления, так и территориального.

Кроме принципов управления существуют и методы управления:

1. Социально - экономический метод. Данный метод основан на материальное вознаграждение сотрудников, может способствовать их более качественной работе.

2.Экономический метод. Данный метод основан на материальной заинтересованности сотрудников, поскольку данный метод стимулирует инициативность среди персонала, повышает эффективность организации.

3.Административные методы основаны на жестком подчинении сотрудников и беспорном выполнении ими указаний, которые часто носят вынужденный характер. Такой метод применяется, если разнообразие выбора альтернативных решений минимально.

4.Социально - психологические методы. Такой метод двух видов. Первый вид подразумевает создание благоприятного психологического климата в отношениях между работниками и руководством. Второй вид связан с предоставлением сотрудникам возможности реализации своих талантов, а также поощрения их в случае успеха.

5.Организационно - правовой метод. При таком методе структура организации и условия ее функционирования регламентируются обязанностями и правами работника.

Теплота широко используется во всех областях хозяйственной деятельности человека и его нормального жизнеобеспечения.

Разработка теоретических основ теплотехники необходима для установления наиболее рациональных способов использования тепловой энергии, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создание новых, наиболее совершенных типов тепловых.

Невозможно представить жизнь современного общества без автомобилей, сельскохозяйственной техники, тепловых электростанций и котельных установок.

Можно с уверенностью сказать, что научно-технический прогресс в ближайшем будущем позволит человеку использовать.

Различают два принципиально разных направления использования теплоты - энергетическое и технологическое.

При энергетическом использовании, теплота превращается в механическую работу, с помощью которой в специальных установках (генераторах) создается электрическая энергия, наиболее удобная для передачи на значительное расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

При технологическом использовании тепловой энергии для направленного изменения механических, физических свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры и т. П).

Тепловую энергию при этом получают сжиганием энергетического топлива в котельных установках или в двигателях внутреннего сгорания.

Для обеспечения техносферной безопасности любых технологических процессов и производств необходимо по возможности:

- 1.Предотвратить образование источников зажигания.
- 2.Исключить возможность взаимодействия горючей среды с источником зажигания.

Разработка теоретических основ теплотехники необходима для:

- 1.рациональный способ использования теплоты;
- 2.Проведение анализа экономичности процессов;
3. Создание комбинаций тепловых процессов для увеличения их эффективности;
- 4.Создание и совершенствования тепловых агрегатов.

Теоретическими разделами теплотехники, в которых исследуются законы преобразования и свойства тепловой энергии, а также процессы распространения теплоты есть техническая термодинамика и теория теплообмена.

Техническая термодинамика - раздел теплотехники и одновременно раздел термодинамики, занимающийся программами законов термодинамики в теплоэнергетике. Исторически термодинамика начала формироваться именно как техническая термодинамика - учение о превращении теплоты в работу.

В технической термодинамике рассматриваются: технические применения основных принципов термодинамики к процессам преобразования теплоты в работу или работы в теплоту в тепловых машинах - двигателях, турбинах.

Теплопередача - физический процесс передачи тепловой энергии от более горячего тела к менее горячего, или при контакте.

Когда физические тела одной системы находятся при разной температуре, то происходит передача тепловой энергии, или теплопередача от одного тела к другому до наступления термодинамического равновесия.

Непроизвольная передача тепла всегда происходит от более горячего тела к менее горячего, что является следствием второго закона термодинамики.

Разновидностью теплотехники является теплоэнергетика.

Другим из ответвлений общей теплотехники - строительная теплотехника, это прикладная дисциплина, изучающая методы тепловой защиты зданий и сооружений, методики расчета теплотехнических показателей и энергоэффективности.

Теплоэнергетика - отрасль теплотехники, занимающаяся преобразованием теплоты в другие виды энергии.

Основу современной энергетики составляют тепловые электростанции, использующие для этого химическую энергию органического топлива.

Они делятся на:

- Паротурбинные электростанции, энергия преобразуется с помощью паротурбинной установки;
- Газотурбинные электростанции, энергия преобразуется с помощью газотурбинной установки;
- Парогазовые электростанции, энергия преобразуется с помощью парогазовой установки.

Применение гидравлики в противопожарной безопасности

Студентка Травкина В.В.

Научный руководитель - .Онищенко С.А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г. Донецк

Гидравлика – это наука, изучающая законы относительного покоя и движения жидкостей и разрабатывающая способы рационального использования этих законов в практической деятельности.

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Известно, что все тела состоят из движущихся и взаимодействующих между собой молекул. Гидравлика исходит из представления, что все пространство, занятое жидкостью (сплошным образом), заполнено веществом. Такой переход обусловлен тем, что основными теоретическими методами исследования в гидравлике являются методы математического анализа, в частности дифференциального исчисления.

Гидравлика является одной из фундаментальных дисциплин, знание которой необходимо специалистам противопожарной безопасности. В ПБ необходимы знания законов гидравлики при экспертизе и обследовании системы противопожарного водоснабжения, систем аварийного слива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, автоматических установок пожаротушения, при определении радиуса действия струй, применяемых в пожарном деле, и их реакции.

Пожарные работники сталкиваются с задачами транспортирования воды по трубам или в емкостях, создания дальнобойных и распыленных водяных струй, с вопросами эксплуатации и выбора типа пожарных насосов, строительства и эксплуатации источников водоснабжения (водоемов, пожарных резервуаров, водопроводных сетей) и многими другими вопросами.

Гидравлические системы используются в разнообразном оборудовании, но работа каждой из них основана на схожем принципе.

В его основе лежит классический закон Паскаля, открытый еще в XVII веке. Согласно ему, давление, которое приложено к объему жидкости, создает силу. Она равномерно передается во всех направлениях и создает одинаковое давление в каждой точке.

Благодаря законам Паскаля, Ньютона, Архимеда; уравнениям Эйлера, Бернулли; теореме Борда, Абрамовича; исследованиям Чичасова и др. можно определить все интересующие нас вопросы в применении пожарной безопасности.

Гидравлика в противопожарной безопасности является необходимым средством для тушения пожаров. Ведь благодаря законам, теоремам, уравнениям мы можем рассчитать необходимое количество чего либо. Узнать чего не хватает или наоборот, что необходимо добавить и в каких количествах, при каких условиях нужно это сделать или как создать эти условия.

Благодаря основным свойствам жидкости можно определить плотность, удельный вес, изменение плотности воды при нагревании и т.д. Это всё необходимо для ликвидации пожара. А точнее для верного расхода и использования в пожарном техническом вооружении. Не стоит относиться к этому легкомысленно, ведь от этого многое зависит.

Применение: внутренний противопожарный водопровод (ВППВ) используется как средство для тушения пожара и локализации его очага. Противопожарный режим устанавливает правила. Нужно проводить проверку противопожарного водопровода не менее двух раз в год. Рекомендуется испытывать их в весенний или осенний сезон.

В частности указывают температуру, в пределах которой можно проводить эксплуатацию, она не должна быть ниже 5 °С.

Существует методика испытаний внутреннего противопожарного водопровода. Он включает в себя порядок проведения испытаний, оборудование которым оно будет измеряться.

Также гидравлика необходима для эксплуатации пожарного водопровода. Целью является проверка исправности водопровода и пожарных кранов на предмет готовности к возникновению пожара.

У пожарного водопровода есть свои особенности, они нужны для удобства и практичности. Для проверки необходимо подходящее оборудование, замер давления, температуры и диаметр отверстия.

Когда проходит проверка внутреннего противопожарного водопровода на водоотдачу, за параметр водоотдачи принимается давление диктующего пожарного крана. Первоначально проверяются самые удаленные от стояка и наиболее высокорасположенные пожарные краны.

Противопожарная безопасность при гидравлическом разрыве пласта:

Топливные баки силовой установки должны быть расположены в пожаро-безопасном месте и защищены от повреждений. Автоцистерны с горючими веществами должны иметь надпись «Огнеопасно», а также должны быть оснащены углекислотными огнетушителями, кошмой и лопаткой.

Выхлопные трубы установок и других машин, применяемых при гидро-разрыве, должны быть снабжены глушителем с искрогасителем. Таким образом можно избежать пожара.

Гидравлика является областью науки и техники, связанная с использованием жидкости в качестве рабочей среды. Рабочие жидкости являются необходимой составной частью гидравлического привода, выполняя важнейшую функцию - роль рабочего тела. Именно рабочие жидкости в значительной степени определяют возможные рабочие параметры, технический ресурс и показатели надежности приводов.

Жидкость выполняет в гидросистеме важные и многосторонние функции. В гидроприводе и гидропередаче жидкость в основном выполняет функции рабочего тела, поэтому ее называют рабочей жидкостью. Кроме того, рабочая жидкость является смазочным и охлаждающим агентом пар трения, средой, удаляющей из пар трения продукты изнашивания и обеспечивающей при длительной эксплуатации защиту деталей от коррозии.

В оборудовании для разных сфер используются гидроприводы одного из двух типов — гидродинамические, работающие преимущественно на кинетической энергии, или объемные.

Последние используют потенциальную энергию давления жидкостей, обеспечивают большое давление и, благодаря техническому совершенству, широко используются в современных машинах.

Системы с компактными и производительными объемными приводами устанавливаются на сверхмощных экскаваторах и станках — их рабочее давление достигает 300 МПа и больше.

Объемные гидроприводы используют в большинстве современных гидростистем, устанавливаемых в прессах, экскаваторах и строительной спецтехнике, металлообрабатывающих станках и так далее.

Также необходима огнестойкая гидравлическая жидкость на водно-гликолевой основе группы L-HFC по ISO 6743 - 4, полностью удовлетворяющая требованиям 6 Люксембургского Отчета Обладает превосходными низкотемпературными характеристиками, высоким уровнем защиты от износа, даже при высоких механических нагрузках, обеспечивает отличную защиту от коррозии, в том числе вызываемой парами. Увеличение вязкости, вызываемое испарением воды, легко корректируется добавлением деионизированной воды. Характеризуется отличными противопожарными и хорошими низкотемпературными свойствами. Совместима с материалами уплотнений, шлангов и других элементов, входящих в гидросистемы, кроме деталей из полиуретана, кожи и пробки. Несовместима с обычными красками и для нее рекомендованы краски на основе эпоксидных и фенольных смол.

Химический состав, эффективность любой гидравлической жидкости зависит от ее химического состава и степени чистоты. Водно-гликолевые гидравлические жидкости, как правило, состоят из воды (для противопожарной защиты), гликолей (низкотемпературные свойства), полиалкиленгликоля (ПАГ) в качестве загустителя, пакета присадок, обеспечивающих антикоррозионные и деаэрирующие свойства, а также защиту от износа и коррозии, и краситель для обнаружения утечки.

Содержание воды, процент воды, содержащейся в водно-гликолевых гидравлических жидкостях, может упасть вследствие испарения в ходе эксплуатации. Вода должна быть обратно добавлена в систему для поддержания одинакового уровня вязкости и поддержания огнестойкости.

Наиболее распространенные методы определения содержания воды в гидравлических жидкостях – измерение показателя преломления, вязкости, а также титрование по методу Карла Фишера

Основным ограничением при определении содержания воды по показателю преломления является то, что значение этого показателя зависит также от присутствия других веществ, в том числе загрязняющих примесей, которые могут присутствовать в гидравлической жидкости. Таким образом, желательно сверять значение содержания воды, полученное с помощью показателя преломления, по меньшей мере с одним другим аналитическим методом. После того, как концентрация воды определена, при необходимости следует добавить дополнительное количество воды в жидкость.

Способность пленки гидравлической жидкости выдерживать нагрузки зависит от ее вязкости, но процессы окислительной и термической деструкции приводят к уменьшению вязкости продукта. Таким образом, измерение вязкости служить методом мониторинга стабильности гидравлической жидкости, но также это означает, что в случае измерения содержания воды по значению вязкости результаты необходимо подкреплять и другими методами измерений. Одним из недостатков гидравлических систем являются высокие требования к чистоте гидрожидкости. Зазор между гильзой и золотником, другими взаимно-перемещающимися парами составляет 2-4 микрона. Для предотвращения отказов ГС в процессе эксплуатации жидкость в системах тщательно фильтруется.

Основные физические свойства жидкости:

Плотность – это масса единицы объема жидкости, то есть величина, характеризующая распределение массы тела в пространстве, занятом жидкостью:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где m – масса жидкости, заключенная в объеме V .

Сжимаемость жидкости – это свойство изменять свой объем под действием внешнего давления:

$$\beta_V = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp},$$

где V – первоначальный объем жидкости, dV – изменение объема жидкости при увеличении давления на величину dp .

Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление движению слоев жидкости относительно друг друга:

$$F = -\mu \omega \frac{dv}{dn}$$

где μ – динамический коэффициент вязкости;

Подводя итог можно указать, что гидравлика играет важную роль в противопожарной безопасности. Все ранее указанные причины, порядки, правила и понятия указывают на необходимость взаимодействия между пожарной специальностью и гидравликой. Можно выделить эксплуатацию пожарного оборудования, поскольку это весьма важно для безопасности.

Воздействие чрезвычайных ситуаций на гидросферу

Студент Чуенко А.И.

Научный руководитель - .Онищенко С.А.

ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г. Донецк

В наше время проблема чрезвычайных ситуаций экологического характера характерна как никогда. Всё чаще в новостях, телевизионных передачах, газетах, журналах и других средствах массовой информации можно встретить статьи и репортажи об экологических авариях, как связанных с деятельностью человека, так и вызванных природными процессами. Засорение окружающей среды из-за безответственного отношения людей к природе не только влечёт за собой угрозу истребления редких видов животных и растений, но и причиняет немалый вред самим людям, являясь причиной многих заболеваний. Многих неравнодушных жителей нашей планеты, беспокоит её состояние, в том числе и то, какой ущерб наносят ей чрезвычайные ситуации экологического характера.

Экологические ЧС - качественное изменение биосферы, вызванное действием антропогенных факторов, порождаемых хозяйственной деятельностью человека и оказывающее вредное воздействие на людей, животный и растительный мир, окружающую среду в целом.

К ЧС экологического характера относятся:

- изменения состояния почв, недр земли, ландшафтов;
- изменения состояния атмосферы, гидросферы, биосферы.

Все ЧС экологического характера происходят в результате техногенных и природных чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации экологического характера связаны:

- катастрофические просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека;
- наличие тяжелых металлов (радионуклидов) и других вредных веществ в почве сверх предельно допустимых концентраций (ПДК);
- интенсивная деградация почв, опустынивание на обширных территориях из-за эрозии, засоления, заболачивания;
- кризисные ситуации, связанные с истощением невозобновляемых природных ископаемых;
- критические ситуации, связанные с переполнением мест хранения (свалок) промышленными и бытовыми отходами и загрязнением ими окружающей среды.

Природные причины разрушения почвы: размывы почвы, выветривание, засоление, оползни, обвалы, образование оврагов.

Причины, связанные с:

- деятельностью человека: загрязнение тяжёлыми металлами, радиоактивными элементами, химическими и органическими веществами, заражение почвы в результате антисанитарного состояния, неправильная агротехника, истощение, заболачивание, опустынивание; выбросы вредных веществ промышленных предприятий, электростанций, выбросы транспортных средств, неосторожное обращение с огнём в лесах, промышленные сточные воды, отходы и сбросы, сельское хозяйство;
- с изменением состава и свойств атмосферы: резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности; превышение ПДК вредных примесей в атмосфере; температурные инверсии над городами; острый «кислородный» голод в городах; значительное превышение предельно-допустимого уровня городского шума; образование обширной зоны кислотных осадков; разрушение озонового слоя атмосферы; значительные изменения прозрачности атмосферы

-с изменением состояния гидросферы: резкая нехватка питьевой воды вследствие истощения вод или их загрязнения; истощение водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов; нарушение хозяйственной деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и мирового океана.

-с изменением состояния биосферы: исчезновение видов (животных, растений), чувствительных к изменению условий среды обитания; гибель растительности на обширной территории; резкое изменение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов; массовая гибель животных.

Природные причины загрязнения воздуха:

- космическая пыль
- деятельность вулканов
- действие ветра на почву и горные породы.

Природные причины загрязнения воды:

- паводки
- сель
- размыв берегов
- загрязнения осадками.

Причины истощения водных ресурсов:

- вырубка лесов
- распашка степей
- осушение болот
- неконтролируемый выпас скота
- рост потребления воды.

ЧС любого типа в своем развитии проходят четыре типовые стадии :

-Первая — стадия накопления отклонений от нормального состояния или процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС, которая может длиться сутки, месяцы, иногда — годы и десятилетия.

-Вторая — инициирование чрезвычайного события, лежащего в основе ЧС.

-Третья — процесс чрезвычайного события, во время которого происходит высвобождение факторов риска (энергии или вещества), оказывающих неблагоприятное воздействие на население, объекты и природную среду.

-Четвёртая — стадия затухания (действием остаточных факторов и сложившихся чрезвычайных условий), которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности — локализации чрезвычайной ситуации, до полной ликвидации её прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т. д. последствий.

Влияние ЧС экологического характера на изменения окружающей среды

Воздействие человека на природную среду происходит непрерывно. Человек всё больше влияет на окружающую среду и климат.

Опасной склонностью современного мира является размещение на территориях гниющих отходов, что содействует распространению болезнетворных бактерий, паразитов и микробов. Вещества, выделяемые разлагающимся мусором, угнетают становление флоры и фауны, уменьшают посевные площади, а еще могут служить источниками отравления людей.

За последние 25 лет площадь сельскохозяйственных угодий, приходящихся на одного жителя России, уменьшилась на 24%, площадь пашни - на 18%.

Воздействие на атмосферу

Ежеминутно индустриальные предприятия, ТЭЦ, автотранспорт сжигают огромное число топлива, что приводит к постоянному возрастанию нахождения двуокси углерода, озона, метана и других индустриальных газов в атмосфере. Они пропускают ясный свет к Земле, но препятствуют проникновению тепловых лучей от поверхности Земли в космос, таким образом, являясь первопричиной возникновения парникового результата.

Воздействие на гидросферу

Ещё 2-3 десятилетия тому назад число водоисточников и качество воды было абсолютно доступным для типичного обеспечения населения. Но в связи с безумным ростом индустриального и жилищного строительства воды стало не хватать, а её качество резко упало. Истощение водных источников под влиянием человеческой деятельности (обмеление водоемов, исчезновение мелких рек, высыхание озер) происходит в итоге истребления лесов, непрерывной распашки степей, нерегулируемого выпаса скота, непродуманного улучшения мелиоративных систем. Резкое возрастание надобности в воде определяется рядом факторов. Во-первых, это обусловлено ростом числа индустриальных предприятий. Следственно надобность в воде повышается каждый год приблизительно на 6 - 8%. Во-вторых, возрастает расход воды для бытовых нужд. В реальное время в городах потребление воды на одного человека доходит до двухсот л/сутки, а в ближайшем будущем составит четыреста л/сутки. В-третьих, постоянно возрастает расход воды в сельском хозяйстве (орошение, бытовые нужды).

Воздействие на биосферу

ЧС экологического характера способны вызывать уничтожение среды обитания многих видов зверей и растений. Следует понимать, что экосистемы и биосфера в целом являются так тонко сбалансированными системами, что изредка даже слабые воздействия способны нарушить сложившееся в них баланс. На текущий момент обозначились перспективы истребления зверей и растений многих видов в таких масштабах, перед которыми гаснет как обычное, так и вызванное человеком вымирание видов в течение предыдущих миллионов лет.

Способы предотвращения ЧС экологического характера

Предотвращение чрезвычайных обстановок и смягчение последствий бедствий являются основными компонентами в глобальных усилиях по обеспечению безопасности окружающей среды. Предотвращение загрязнения путем экологически чистого производства – это процесс, когда более чистые, безопасные и экологически благоприятные технологии применяются на протяжении всего процесса производства и потребления, от эксплуатации ресурсов до удаления отходов, при полном использовании материалов, предотвращающих загрязнение и сокращающих риск для людей и окружающей среды. Экологически чистое производство – это основополагающий подход к предотвращению и уменьшению риска чрезвычайных экологических ситуаций.

В условиях ЧС экологического характера основной задачей является выявление и минимизация экологических рисков для природной среды и здоровья населения, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Для этого необходимы:

- своевременное прогнозирование и выявление возможных экологических угроз, включая оценку природных и техногенных факторов возникновения возможных чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями;
- разработка и осуществление мер по снижению риска чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями; обучение населения правилам поведения, действиям и способам защиты при чрезвычайных ситуациях с негативными экологическими последствиями; разработка и совершенствование универсальных средств защиты населения и территорий при возникновении чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями.

Студентка Шурховецкая Е.Д.
Научный руководитель.- Онищенко С.А.
ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, г.Донецк

На данный момент гидравлика – это огромная область, захватывающая ряд наук, занимающихся исследованием законов динамики и статики жидкостей и газов и применением законов при расчетах и эксплуатации различных технических сооружений и механизмов. В современном мире трудно представить себе аварийно-спасательные работы без этой науки, поэтому применение гидравлика в пожарном деле весьма широко. Работники пожарной охраны решают задачи по транспортированию воды по трубам или в емкостях, по созданию дальноточных и распыленных водяных струй. Также они сталкиваются с вопросами эксплуатации и выбора типа пожарных насосов, строительства и эксплуатации источников водоснабжения.

В 1938 г. в СССР был открыт Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны, явившийся центром научно-исследовательских работ в самых разных областях пожарного дела, пожарная гидравлика не стала исключением. Под руководством профессора В. Г. Лобачева, специалиста в области гидравлики и водоснабжения, были проведены крупные исследования по гидравлике пожарных струй и по экономическому расчету водопроводных сетей. В. Г. Лобачев приблизил гидравлику как науку к практике пожарного дела.

Гидравлическое оборудование является основополагающим элементом пожарного оборудования, что доказывает важность такой науки, как гидравлика для всего пожаротушения. Данное оборудование предназначено для формирования насосно-рукавных систем пожарных автомобилей, в целях обеспечения подачи огнетушащих веществ к месту тушения пожара. В зависимости от назначения, гидравлическое оборудование разделено на три группы: рукавня арматура, гидравлическая арматура, стволы пожарные.

В группу гидравлической арматуры входят такие устройства, как:

- Колонка пожарная (используется для открывания/закрывания подземных гидрантов и присоединения пожарных рукавов для отбора воды из водопроводных сетей);
- Пеносмеситель (предназначением является получение водного раствора пенообразователя);
- Гидроэлеватор пожарный (предназначение данного устройства – забор воды из водоисточников с уровнем, превышающим максимальную высоту всасывания насосов, а также для удаления из помещений воды).

Чаще всего из группы гидравлического оборудования используются стволы пожарные.

Стволы пожарные – устройства, устанавливаемые на концах напорных линий для формирования и направления огнетушащих струй. Пожарные стволы, в зависимости от вида подаваемого огнетушащего вещества, делятся на водяные, пенные и комбинированные, а в зависимости от пропускной способности и размеров – на ручные и лафетные.

Ручные пожарные стволы предназначены для формирования и направления сплошной или распыленной струи воды. А также (при установке пенного насадка) струй воздушно-механической пены низкой кратности. Стволы классифицируются на стволы нормального давления и стволы высокого давления.

В схеме, представленной ниже, можно увидеть, как подразделяются пожарные стволы.

Стволы нормального давления обеспечивают подачу воды и огнетушащих растворов при давлении перед стволом от 0,4 до 0,6 МПа, стволы высокого давления – при давлении от 2,0 до 3,0 МПа.



В зависимости от конструктивного исполнения ручные стволы могут иметь широкий спектр функциональных возможностей. Так, в промышленности производят ручные пожарные стволы, формирующие только водяную струю.

Универсальные ручные пожарные стволы позволяют управлять струей, а также они используются для формирования как сплошной, так и распыленной струи воды.

Рассмотрим принцип работы универсального ручного пожарного ствола. При положении ручки пробкового крана вдоль оси корпуса поток жидкости проходит через центральное отверстие центробежного распылителя и далее выходит из насадки в виде компактной струи. При повороте ручки крана на 90° центральное отверстие перекрывается, и поток жидкости из полости пустотелой пробки крана через отверстия поступает в каналы. Через тангенциальные каналы жидкость попадает в центральный распылитель и выходит из него закрученным потоком, который под действием центробежных сил при выходе из насадка распыляется, образуя факел с углом раскрытия 60° . Абсолютно такой же принцип работы заложен в конструкции универсальных стволов РСП-50 и РСП-70. Ствол РСКЗ-70 также позволяет формировать защитную водяную завесу. Технические характеристики универсальных ручных пожарных стволов и ствола РСКЗ-70 с защитной завесой находятся в таблице 1.

На данный момент в практике пожаротушения распространяются пожарные стволы с функцией регулирования расхода. В основном такие стволы изготавливаются из алюминия или алюминиевых сплавов. Они не подвержены коррозии так, как защищены анодным покрытием.

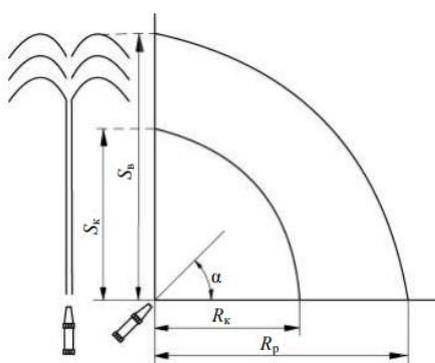
Оценивая тактико-технические возможности пожарных стволов, основными являются параметры формирующейся на стволе струи. Если струю пожарного ствола направить вверх под углом 90 градусов, выделяется наличие двух характерных участков. S_k – компактную часть струи и S_v – максимальную высоту струи. В основном, водяные стволы на пожарах работают под определенным углом α , который не равен 90 градусам. Если при одном и том же напоре у насадки постепенно изменять угол наклона ствола. Конец компактной части струи будет описывать траекторию, которая называется радиусом действия компактной струи R_k .

Траектория, для ручных стволов, будет близка к радиусу окружности

$$R_k = S_k.$$

Таблица 1

Показатели	Размерность	Стволы пожарные ручные водяные универсальные			С защитной завесой
		СРК-50	РСЦ-50	РСЦ-70	РСКЗ-70
		DN 50	DN 50	DN 70	
Расходы воды при давлении у ствола 0,4 МПа:					
сплошной струи	л/с	2,7	2,7	7,4	7,4
распыленной струи	л/с	2,0	2,0	7,0	7,0
защитной струи	л/с	–	–	–	2,3
Дальность струи при давлении у ствола 0,4 МПа:					
сплошной струи	м	30	30	32	32
распыленной струи	м	12	11	15	9,0
Угол факела защитной завесы	град	–	–	–	120
Присоединительная арматура ствола	–	ГМ-50	ГМ-50	ГМ-70	ГМ-70
Масса ствола	кг	1,8	1,6	2,8	3,0



В среднем минимальная длина компактных струй ручных стволов - 17 м. Для ее создания у стволов с диаметром насадки 13,16,19,22 и 25 мм требуется создавать напор 0,4–0,6 МПа. Расстояние от насадки ствола до огибающей кривой раздробленной струи R_p возрастает, в то время как угол наклона α к горизонту должен уменьшаться.

$$R_p = \beta S_n,$$

где β – коэффициент, который зависит от угла наклона α . Максимальную дальность полета струи по горизонтали мы можем увидеть при угле наклона ствола $\alpha = 30^\circ$. Сила, возникающая при истечении жидкости из насадки ствола называется реакцией струи. Реакция струи является одним из самых важных параметров для ручных пожарных стволов. Известна зависимость для определения силы реакции струи F , Н:

$$F = -2 p \omega,$$

где $p = \rho g H$; ω – площадь выходного сечения насадка, м²; ρ – плотность жидкости, кг/м³; $g = 9,8$ м²/с; H – напор на стволе, м. Знак минус указывает на то, что сила реакции направлена в сторону, противоположную движению струи.

Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что законы гидравлики - одни из основных законов, которые должен знать каждый специалист в области противопожарной безопасности. Так как знание данных законов необходимо при определении радиуса действия струй и их реакции, при экспертизе проектов и обследовании систем противопожарного водоснабжения, автоматических установок пожаротушения, для правильной эксплуатации и выбора типа пожарных насосов. Гидравлика является неотъемлемой частью всей противопожарной безопасности.

Основные причины производственного травматизма

Студент Сильванович В.

Научный руководитель - Батяновская И.А.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Производственной травмой считается травма, полученная в результате несчастного случая на производстве. Не смотря на то, что в структуре травматизма по Республике производственные травмы составляют порядка 1,5%, они причиняют серьезный материальный, физический и моральный ущерб.

При анализе производственного травматизма учитываются все факторы, влияющие на формирование безопасных условий труда,

К факторам, определяющим безопасность труда относятся:

- производственно-технические (организационные, технические, гигиенические);
- человеческие (психофизиологические факторы).

Выделяют следующие основные причины производственного травматизма:

-организационные (отсутствие инструктажа и обучения; недостаток контроля за охраной труда; неудовлетворительная организация и содержание рабочих мест; нарушение режимов труда и отдыха, недостаточное обеспечение рабочих средствами индивидуальной защиты и т.д.);

- технические (несоответствие требованиям безопасности конструкции технологического оборудования и оснастки, ручного механизированного инструмента, приспособлений; неправильный выбор оборудования, оснастки; низкий уровень автоматизации производства и т.д.);

- санитарно-гигиенические (неблагоприятные метеоусловия; высокая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны; несоответствующие условия по освещению; высокий уровень шума и вибрации и т.д.);

- психофизиологические (ошибки из-за тяжести и напряженности труда, снижения внимания; недостаточный профессионализм; нарушение правил безопасного ведения работ).

Согласно данным Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь в результате несчастных случаев на производстве в 2019 году получили травмы 2042 работающих (в 2018 году — 2115), из них погиб на производстве 141 человек (в 2018 году — 144). Самые высокие показатели коэффициента частоты травмирования и гибели работающих в 2019 году зафиксированы в лесной и строительной отраслях промышленности. В 2019 году больше всего травм и несчастных случаев со смертельным исходом получили работники следующих профессий: водители автомобилей, слесари, трактористы, животноводы, бетонщики.

При этом анализ производственного травматизма показал, что основными факторами травмирования работников на производстве в 2019 году являлись: воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей, падение во время передвижения, падение с высоты, дорожно-транспортные происшествия.

Таблица 1 - Основные факторы травмирования работников

	Удельный вес от общего количества травмированных, %	Удельный вес от общего количества погибших, %
воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей и тому подобное	30,7	24,8
падение потерпевшего во время передвижения	15,0	1,4
падение потерпевшего с высоты	12,5	10,6
дорожно-транспортное происшествие	10,8	22,0

падение, обрушение конструкций зданий и сооружений, обвалы предметов, материалов, грунта и тому подобное	8,1	17,7
повреждения в результате контакта с представителями флоры и фауны	5,3	2,1
нанесение травмы другим лицом	2,6	2,1
воздействие вредных веществ	2,5	0,7
воздействие экстремальных температур	1,8	1,4
поражение электрическим током	1,5	7,1
падение потерпевшего в колодцы, ямы, траншеи, емкости и тому подобное	1,0	1,4

При проведении анализа несчастных случаев на производстве в 2019 году выяснилось, что большинства случаев произошло из-за неисполнения работодателями и (или) самими работающими требований по охране труда.

Таблица 2 - Основные причины производственного травматизма

	Удельный вес от общего количества травмированных, %	Удельный вес от общего количества погибших, %
Нарушение потерпевшими трудовой дисциплины, требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов по охране труда	24,9	15,5
Личная неосторожность потерпевших	14,0	1,0
Невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда	11,0	16,1
Нарушение требований по охране труда другими работниками	4,7	5,2
Нарушение правил дорожного движения другими лицами	4,6	4,7
Допуск потерпевших к работе без обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда	4,5	6,2
Допуск потерпевших к работе без проведения стажировки по вопросам охраны труда и (или) инструктажа по охране труда	3,8	5,2
Нарушение правил по безопасной эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента	2,9	2,1
Неудовлетворительное содержание и организация рабочих мест	2,8	4,7
Неприменение средств индивидуальной защиты	2,3	1,6
Привлечение потерпевших к работе не по специальности (профессии)	2,2	2,6
Нахождение потерпевших в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном потреблением наркотических средств, психотропных веществ	2,0	4,7
Противоправные действия других лиц	1,6	1,6

Необеспечение потерпевших средствами индивидуальной защиты	1,4	2,1
Нарушение правил дорожного движения потерпевшими	1,3	3,1
Нарушение технологического процесса	1,2	1,6

Одной из целей охраны труда является максимальное снижение вероятности несчастных случаев на производстве. Этого можно добиться разработкой и применением различных мероприятий по профилактике травматизма. На сегодняшний день существует достаточное количество методов оценки и анализа производственных травм. Эти методы показывают полную картину по всем несчастным случаям на производстве и позволяют выявить основные причины травматизма на предприятии. Кроме того, полученные в результате применения различных методов анализа производственного травматизма данные, дают возможность, как в целом по Республике, так и на отдельных предприятиях разработать, скорректировать или дополнить соответствующие меры по обеспечению безопасных условий труда и предупреждению несчастных случаев на производстве.

Оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата с применением увлажнителя воздуха

Студенты Николаевич А.И., Шолоник М.В.
Научный руководитель - Е.Г. Вершеня
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В данной статье хочется рассмотреть влияние микроклимата на здоровье человека, а также показать важность правильных параметров среды и возможность ее улучшения. Одной из основных идей и задач - предложить не только вариант улучшения условий труда, но и способ защиты себя на рабочем месте от короновирусной инфекции.

Микроклимат помещений – это состояние внутренней среды здания, которое оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на человека, характеризуется показателями температуры, подвижности и влажности воздуха.

Данные параметры нормируются Санитарными нормами и правилами «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиеническим нормативом «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» (утвержденные постановлением МЗ РБ 30.04.2013 г. № 33) с учетом периода года и характеристики выполняемых работ по интенсивности энергозатрат.

Чем опасно не соблюдение норм микроклимата?

Хотелось бы сделать акцент на сухость воздуха, особенно в отопительный сезон. Слишком сухой воздух противопоказан аллергикам и людям с заболеваниями верхних дыхательных путей. Он не связывает пыль, мельчайшие частички которой попадают в наш организм при каждом вздохе. Так же сухой воздух означает недостаточную влажность естественной защиты человека против болезней, передающихся воздушно-капельным путем. Слизистые оболочки пересушены и не задерживают вирусы. Это объясняется тем, что организм человека лучше усваивает кислород, если вдыхаемый воздух имеет нормальную влажность. Из-за проблем с поступлением кислорода у человека появляется затруднение дыхания, огромная жажда, головные боли, состояние слабости, сонливость, из внешних признаков - сухость и обезвоженность кожи.

Выходом из ситуации может стать применение увлажнителей воздуха. На рынке современной бытовой техники можно встретить четыре варианта приборов. Самый популярный – модели с холодным испарением. Максимальной эффективностью обладают ультразвуковые увлажнители. Самыми функциональными считаются паровые модели, а для дополнительной очистки воздуха используют воздушную мойку. При этом стоит обращать внимание на параметры увлажнителя: мощность, тип фильтра, функция ионизации воздуха, функция регулировки интенсивности увлажнения.

Мощность конструкции должна соответствовать площади помещения. Значение имеет тип фильтра. Эффективность фотокаталитического фильтра составляет более 90 %. Данный механизм очищает воздух от вредных примесей и опасных бактерий. Функция озонирования в увлажнителе помогает дезинфицировать воздух. А процесс ионизации предотвращает размножение микробов. Регулировка интенсивности увлажнения помогает контролировать степень увлажнения.

Популярные модели.

К бюджетным вариантам относятся такие торговые марки как Ergo, Polaris, Maestro и Maxwell. К лидерам с мировым именем и высоким качеством относятся следующие марки: Medisana, Gree, Daikin и Boneco. Лучшим решением по сочетанию цены и качества считаются бренды Delonghi, Electrolux и Gorenje.

Для офиса стоит выбирать увлажнитель с большим объемным баком и большой рабочей площадью. Набор дополнительных функций такому прибору не понадобится, может пригодиться только пульт управления или ионизация

Таким образом, из раскрытой нами темы, мы можем улучшить условия труда офисных сотрудников. Мы минимизируем возникновение не только хронических заболеваний, но сезонных вирусных инфекций. Применение увлажнителей воздуха также является одним из способов защиты от коронавируса.

Студент Харитончик А.С.
Научный руководитель - Е.Г. Вершеня
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является немаловажной и значимой частью организации труда для трудящихся, так как она затрагивает правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные сферы жизнедеятельности человека. Поэтому сведение рисков к минимуму для работников является важной задачей и целью любой организации.

«Нулевой травматизм» – это новый подход к организации профилактики, объединяющий три направления – безопасность, гигиену труда и благополучие работников на всех уровнях производства.

Рассмотрим пример:

До шестидесятых годов XX века нефть в Советском Союзе в основном добывали на Каспии и на Северном Кавказе. Месторождения в этих регионах разработали еще в царской России. За многие годы добычи там сложились нефтяные рабочие династии — традиции преемственности, семейные догмы безопасности.

После 60-х начали открывать первые нефтяные месторождения в Западной Сибири. Естественно, для начала добычи приглашали семейные династии из регионов Каспия и Кавказа. Вахтовым методом в западной Сибири с первых дней освоения нефтяных месторождений работали семейные бригады, в которых за многие годы были свои непреложные правила и уважение младших к старшим.

Через несколько лет количество месторождений выросло. Опытных бригад стало не хватать. Появились сборные бригады со всего Советского Союза.

Через три года, когда начали свою работу сборные бригады, кто-то из западных специалистов по охране труда, проведя наблюдения, сделал вывод о том, что травматизм у семейных бригад был в три раза меньше, чем у сборных. Почему? Потому что, например, если дядя увидел, что племянник работает в перчатках, из которых вылезли нитки, и отправил его сменить их, племянник сменит перчатки без лишних слов. Это отношение старшего опытного мастера к младшему. Младший же беспрекословно слушается.

Концепция «Нулевой травматизм» основывается на представлении о том, что несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания не являются ни предопределенными, ни неизбежными — у них всегда есть причины. Благодаря формированию активной культуры профилактики эти причины можно устранить, а вызываемые ими несчастные случаи на производстве, травмы и профессиональные заболевания можно предотвратить.

Концепция предлагает семь «золотых правил» (принципов), реализация которых помогает работодателю в снижении показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Семь золотых правил «Vision Zero»:

1. Стать лидером – показать приверженность принципам.
2. Выявлять угрозы – контролировать риски.
3. Определять цели – разрабатывать программы.
4. Создать систему безопасности и гигиены труда – достичь высокого уровня организации.
5. Обеспечивать безопасность и гигиену на рабочих местах, при работе со станками и оборудованием.
6. Повышать квалификацию – развивать профессиональные навыки.

7. Инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия.

Типовая программа представляет собой комплекс скоординированных мер нормативно-распорядительного, экономического, организационного, информационного характера, направленных на предупреждение и сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний и минимизацию профессиональных рисков в организации.

В программе отражены ключевые направления деятельности по формированию корпоративной культуры безопасности труда, выявлению опасностей и профессиональных рисков, формированию и совершенствованию системы управления охраной труда, повышению безопасности оборудования и технологических процессов, обучению работников в области охраны труда, повышению их мотивации и степени участия в обеспечении безопасности труда.

Типовая программа является универсальной методической основой, используя которую любая организация может разработать собственную программу «Нулевого травматизма» с учетом специфики своей производственной деятельности.

Трепетное и заботливое отношение к своим сотрудникам станет профилактикой травматизма и должно лечь в основу любого предприятия.

Студент Закревский Д.С.
Научный руководитель - Кот Т.П.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ISO 45001-2020 «Системы менеджмента здоровья и безопасности труда при профессиональной деятельности. Требования и руководство по применению», утвержденный постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 25.02.2020 № 8, вступил в силу с 01.05.2020 г. Срок перехода организаций на требования данного стандарта установлен до 31 сентября 2021 года, тем самым ограничивая действие государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 18001-2009 «Системы управления охраной труда. Требования» этой же датой.

В настоящее время вопросы управления охраной труда в рамках национального законодательства Республики Беларусь регламентируются «Рекомендациями по разработке системы управления охраной труда в организации», утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30.12.2019 г. № 108, и вышеупомянутым СТБ ISO 45001-2020.

В соответствии с СТБ 18001-2009 «Системы управления охраной труда. Требования» система управления охраной труда (СУОТ) организации (предприятия) должна была включать в себя организационную структуру, деятельность по планированию, распределение ответственности, процедуры и ресурсы для разработки, внедрения, достижения и анализа результативной политики СУОТ. Отличительной особенностью процедуры «распределение ответственности» являлось то, что были установлены только ответственность и полномочия работников, но не содержались требования об установлении этих обязанностей. Вместе с тем результаты исследований показывают, что порой причиной несчастных случаев на производстве является неисполнение обязанностей, которые в организации не были возложены ни на одного работника. В таких случаях ответственность за случившееся возлагалась на руководителя организации – за то, что не определил надлежащим образом обязанности работников по охране труда.

В отличие от СТБ 18001-2009, ориентированного на предупреждение вероятных угроз для жизни и здоровья работников на рабочих местах, СТБ ISO 45001-2020 концентрируется на менеджменте рисков, причем, не только связанных с деятельностью на рабочем месте, но и с управленческими рисками [1].

Основной базой является процессный подход к регулированию несоответствий. Также важной особенностью СУОТ в соответствии с новым стандартом является наличие и определение заинтересованных сторон, их потребностей и требований, что полностью отсутствовало в СТБ 18001-2009.

В СТБ ISO 45001-2020 введен новый термин «документированная информация», заменив тем самым термины «документы» и «записи» в СТБ ISO 18001-2009.

Еще одной отличительной чертой СТБ ISO 45001-2020 является его структурирование, соответственно, нововведенный стандарт придерживается структуры высокого уровня (HLS), обеспечивая соответствие СУОТ другим системам менеджмента ISO, таким как ISO 9001 (менеджмент качества) и ISO 14001 (менеджмент окружающей среды).

Рассматривая систему управления рисками в СТБ 18001-2009, стоит отметить, что стандарт предусматривал лишь идентификацию и управление рисками. Отличительной же особенностью СТБ ISO 45001-2020 является рискоориентированный подход к СУОТ для обеспечения эффективности и постоянного усовершенствования согласно изменяющимся во времени различным процессам в самой организации, которые влияют не только на определение организационной структуры СУОТ, но и на саму систему управления

охраной труда в целом. СТБ ISO 45001-2020 сосредоточен на разработке и применении алгоритма по обеспечению эффективных мер профилактики и их постоянного совершенствования в ответ на изменения в организации и за ее пределами. Это означает, что в новой СУОТ риски по охране здоровья и безопасности труда будут не только своевременно обнаружены, но и проанализированы на всех уровнях: на операционном уровне – риски, связанные с трудовой деятельностью на рабочем месте, на управленческом уровне – бизнес-риски.

СТБ ISO 45001-2020 в своей структуре имеет цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act, Планируй – Делай – Проверь – Действуй), который поможет организациям не останавливаться на достигнутых результатах в области охраны труда, а постоянно совершенствоваться [2].

Сравнительный анализ СТБ ISO 45001-2020 и СТБ 18001-2009 позволил выявить следующие преимущества перехода на новый стандарт:

- 1) достижение более высокого уровня эффективности СУОТ;
- 2) снижение рисков в области охраны труда на предприятии путем снижения уровня травматизма, профессиональных заболеваний, опасных и вредных производственных факторов;
- 3) учет предложений заинтересованных сторон для достижения поставленных целей;
- 4) проведение непрерывного контроля процессов, происходящих в организации, а также оценка их степени воздействия на СУОТ;
- 5) возможность более полного использования потенциала работников для достижения поставленных перед организацией задач;
- 6) возможность предотвращения несчастных случаев, что, в свою очередь, предполагает сохранение прибыли организации.

Литература

1. Новые стандарты безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/novye-standarty-bezopasnosti>.
2. Внедрение системы менеджмента здоровья и безопасности при профессиональной деятельности по СТБ ISO 45001-2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gosstandart.gov.by>.

Анализ профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь

Студенты Ламеко П.В., Кумище П.Г.

Научный руководитель - Кот Т.П.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В Республике Беларусь вопросы создания здоровых и безопасных условий труда имеют приоритетное значение. Государственная политика направлена на повышение безопасности труда, снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Несмотря на то что в последние годы наметилась тенденция к снижению уровня профессиональной заболеваемости, проблема остается актуальной и требует решения.

В 2019 году было зарегистрировано 56 случаев впервые выявленных профессиональных заболеваний, из них 55 случаев хронических заболеваний и один случай острого профессионального отравления (в 2018 году – 72, в 2017 году – 84). Среди заболевших 49 мужчин и 7 женщин (в 2018 году – 60 и 12, в 2017 году – 67 и 30 соответственно) [1].

Наибольшее количество профессиональных заболеваний приходится на г. Минск и Минскую область (рис. 1).

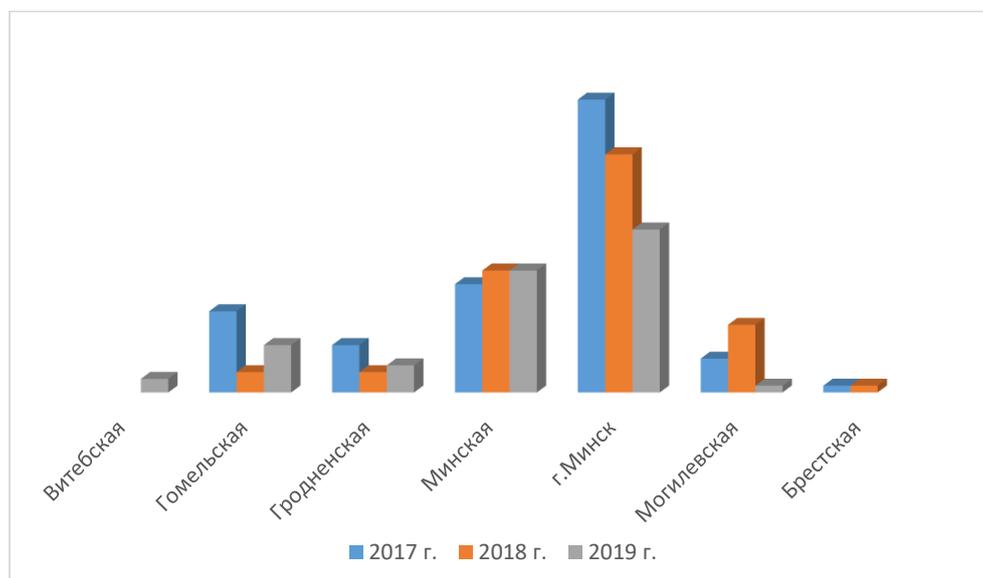


Рисунок 1 – Количество случаев зарегистрированных профессиональных заболеваний за период 2017-2019 г.г. по областям

Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в организациях обрабатывающей промышленности и в организациях по добыче металлических руд и прочих полезных ископаемых (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение профессиональных заболеваний по видам экономической деятельности за 2018- 2019 гг.

Наименование вида экономической деятельности	Число случаев	
	2018 г.	2019 г.
1	2	3
Всего зарегистрировано по отраслям, из них:	72	56
обрабатывающая промышленность, в том числе:	54	37

Окончание таблицы 1

1	2	3
---	---	---

производство текстильных изделий, одежды	1	2
производство химических продуктов	2	1
производство прочих неметаллических минеральных продуктов	2	1
металлургическое производство; производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	2	5
производство машин, оборудования, изделий, не включенных в другие группы	47	28
сельское, лесное и рыбное хозяйство	1	2
горнодобывающая промышленность	10	12
снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом	–	2
строительство	3	1
здравоохранение и социальные услуги	4	1
творчество, спорт, развлечения и отдых	–	1

Каждое третье заболевание вызвано воздействием аэрозолей (преимущественно, кремнийсодержащей пыли) и физических факторов (прежде всего, повышенным уровнем шума). 10% заболеваний являются результатом воздействия химических или биологических факторов, 2% обусловлены влиянием физических перегрузок и перенапряжения [2].

Прослеживается повторяющаяся на протяжении длительного периода времени тенденция преобладающего уровня профессиональной заболеваемости среди работников предприятий ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Беларуськалий (рис.2).



Рисунок 2 – Количество зарегистрированных профессиональных заболеваний за период 2017-2019 г.г. по предприятиям

Наибольшее число случаев профессиональных заболеваний отмечается среди работников в возрасте 46-55 лет, имеющих стаж работы 6-10 лет и свыше 25 лет [3].

Причинами профессиональных заболеваний являются, прежде всего, нарушение или невыполнение работниками требований санитарных правил, несоблюдение режима труда и отдыха, использование устаревших технологий и оборудования, неэффективный контроль состояния вентиляционных установок.

Снижение уровня профессиональной заболеваемости на производстве остается приоритетной задачей, которая должна решаться на каждом конкретном предприятии путем разработки и реализации комплекса мероприятий, предусматривающих улучшение санитарно-гигиенического состояния производственных помещений, модернизацию технологических процессов и оборудования, проведение лечебно-профилактических мероприятий, обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты, обучение безопасным методам труда.

Литература

1. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otb.by/news/2392-sostoyanie-uslovii-truda-i-professionalnoi-zabolevaemosti-v-respublike-belarus>.
2. Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/turbo/news.tut.by/s/society/456431.html>
3. 3. Свистунова, А. Ю. Заболеваемость на производстве и мероприятия по предупреждению / А. Ю. Свистунова, В. В. Терентьев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 11.3 (145.3). — С. 51-53. — URL: <https://moluch.ru/archive/145/40837/> (дата обращения: 05.11.2020).

Комплексная оценка условий труда работающих в цехах алюминиевого литья

Студенты Козлов С.В., Лисовский В.О.,
Дударенко А.М., Щербаков Д.Е.
Научный руководитель - Лазаренков А.М.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Условия труда работающих в цехах алюминиевого литья определяются комплексом факторов производственной среды: шум, вибрация, загазованность, запыленность, температура и скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения, электромагнитные излучения.

Цех алюминиевого литья имеет прямоугольную форму с шириной здания 52 м, длиной 120 м и высотой 12,8 м. В программе цеха отливки из алюминия средней массы. Компоновка производственных площадей выполнена в соответствии с технологическим процессом. Планировка и размещение оборудования обеспечивают минимальную длину грузопотоков, исключают их перекрещивание. Цех алюминиевого литья оснащен плавильными печами ИАТ-6 и ИМ 8, в заливочном отделении установлены кокильные комплексы модели 4951КН-01 и кокильные станки модели Л-90, стационарными наждачными станками с абразивными кругами. Транспортировка грузов производится при помощи электропогрузчиков и мостовых кранов грузоподъемностью $Q = 10,0$ т.

Технологические операции, выполненные в плавильных отделениях, характеризуются значительным выделением вредных веществ в виде пыли и газов (оксид алюминия, оксид углерода, оксид азота, железа оксид, пыль с содержанием диоксида кремния). Большое количество пыли выделяется при навеске и загрузке шихты, выбивке и ремонте футеровки печей и ковшей. Специфическими, вредно отражающимися на здоровье рабочих условиями труда в алюминиевых цехах, является пылеобразование и газообразование при плавлении, обточке отливок. Концентрации вредных веществ и пыли превышают предельно допустимые в 1,8-3,4 раза.

В цехе предусмотрены мероприятия по снижению содержания вредных веществ и пыли:

- плавильные отделения размещены в наиболее высоких пролетах с подветренной стороны здания, для предупреждения попадания газов и нагретого воздуха в другие отделения цеха;
- использована высокоэффективная очистка от пыли и вредных составляющих всех входящих газов от плавильных печей (пылеосадочные камеры, рукавные фильтры);
- применены наиболее совершенные технологические процессы и оборудования, обеспечивающие отсутствие или незначительное выделение вредных веществ в концентрациях, не превышающих санитарно-гигиенические нормы;
- предусмотрена механизация и автоматизация технологических процессов, исключаящие выделение пыли и вредных веществ.

Метеорологические условия на рабочем месте определяются температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха и интенсивностью теплового облучения. Категория выполняемых работ (по энергозатратам) в цехе алюминиевого литья – средней тяжести ПБ. Отмечается превышение допустимых температур на рабочих местах плавильщика и заливщика металла на 3-6 °С, а интенсивности тепловых излучений – в 1,4-3,9 раза.

Параметры микроклимата поддерживаются за счет систем водяного отопления и точной вентиляции. В качестве мер защиты от интенсивных тепловых излучений предусмотрены теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование источников тепловых излучений,

воздушное душирование, использование спецодежды, обуви, а также применение индивидуальные средства защиты (каска и специальных защитных очков, защитных щитков).

В цехе предусмотрено естественное (через световые проемы и окна) и искусственное (электролампы дневного света) освещение. В связи с автоматизацией процесса применяется общее локализованное освещение, т.е. световой поток распределяется с учетом освещения того оборудования, где требуется нахождение человека. В цехе предусмотрено аварийное освещение, величина которого на рабочих местах составляет 10% нормы местного освещения.

Источниками интенсивных шумов в литейном цехе являются индукционная печь, заливочные ковши, зачистные машины. Характер шума – широкополосный, длительность воздействия от 4 до 8 ч. Уровень шума на рабочих местах не превышает допустимый 80 дБА. Для снижения уровней шума предусмотрены: изолирующие кожухи, глушители, противозумные укрытия. На участке с повышенным шумом оборудуются комнаты психологической разгрузки. Работающие используют индивидуальные средства защиты: беруши, наушники.

Источниками повышенной вибрации в цехе являются зачистные автоматы. Уровень виброускорения общей технологической вибрации на рабочих местах не превышает 50 дБ, а локальной вибрации при работе с ручным виброинструментом не превышает 76 дБ. Для снижения уровней вибрации в цехе предусмотрены следующие средства защиты: виброизолирующий фундамент, герметичные изолирующие кожухи, индивидуальная защита (специальные антивибрационные рукавицы, обувь с амортизированными подошвами).

Источниками электромагнитного поля в цехе являются плавильные печи ИАТ-6 и ИМ 8. Напряженность электрического поля на участке не превышает 5 Вт/м². Для защиты работающих от электромагнитных излучений применяются заземленные экраны, кожухи, устанавливаемые на пути излучения.

Для обеспечения безопасности труда работающих предусмотрены следующие меры:

- устранение непосредственного контакта рабочих с материалом и готовой продукцией, отходами производства;
- автоматическое управление плавильными печами;
- наличие систем сигнализации, извещающих о нарушении технологического процесса или условий безопасности труда;
- применение средств коллективной защиты.

К работе допускают лиц достигших 18 лет, прошедших медицинское освидетельствование, инструктаж по охране труда, обучение и стажировку на рабочем месте. Работающие, использующие в работе грузоподъемные механизмы, обязаны иметь удостоверение. К работе допускают лица в исправной спецодежде при наличии средств индивидуальной защиты (брезентовые рукавицы, очки, защитные очки, щитки и т. д.).

Также был проведен расчет экрана индукционной печи, который обеспечивает защиту плавильщика от электромагнитных излучений. В таблице 1 представлены данные для расчета экрана индукционной печи.

Глубина проникновения электромагнитного поля в экран определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_{\text{э}} \cdot \sigma_{\text{э}} \cdot \pi \cdot f}},$$

где $\sigma_{\text{э}}$ – удельная проводимость материала экрана, Ом⁻¹·м⁻¹,

$$\sigma_{\text{э}} = 1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$\mu_{\text{э}}$ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м

$$\mu_{\text{э}} = \mu_0 \mu_{\text{э}}^1, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7};$$

$\mu_{\text{э}}^1$ – относительная магнитная проницаемость;

f – рабочая частота, Гц, $f = 2700$.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета экрана индукционной печи

Характеристики печи		ИАТ-6
Мощность печи (максимальная), кВт		1900
Напряжение сети, В		380
Частота тока, Гц		60
Рабочая частота f , Гц		2700
Сила тока в катушке I , А		200
Число витков W , шт		12
Размер рабочего пространства, м	Диаметр D	0,6
	Высота, H	0,8
Радиус катушки a , м		0,32

Таким образом глубина проникновения равна

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{1,65 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 3,14 \cdot 2600}} = 0,0024.$$

Принимаем толщину стенок экрана $d = 3$ мм. Радиус экрана $a = 0,32$.

Требуемую эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ находим путем деления величины напряженности поля, создаваемого катушкой на рабочем месте без экрана H_p , на величину допустимой напряженности поля H_H , равной 25 А/м.

Значение H_p находим по формуле

$$H_p = \frac{W \cdot I \cdot a^2}{4 \cdot p^3} = \frac{12 \cdot 200 \cdot 0,32^2}{4 \cdot 0,4^3} = 960 \text{ А/м.}$$

где p – расстояние от катушки до рабочего места.

Требуемая эффективность экранирования в дБ равна

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{H_p}{H_H}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{960}{25}\right) = 31,69 \text{ дБ.}$$

Фактическую величину эффективности экранирования находим по формуле

$$\mathcal{E} = 20 \cdot \lg\left(\frac{a \cdot e^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2} \cdot \delta \cdot \mu_0}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{0,32 \cdot 2,72^{\frac{0,003}{0,0024}}}{2\sqrt{2} \cdot 0,0024 \cdot 1,65}\right) = 40,16 \text{ дБ} \quad (8.5)$$

Фактическая величина эффективности экранирования превышает требуемую эффективность экранирования. Следовательно, рассчитанный экран обеспечивает необходимую защиту от электромагнитных полей.

Современные технические средства для защиты от шума

Студенты Анисовец Н.В., Асадчая В.А.
Научный руководитель - Пантелеенко Е.Ф.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

По доступным данным Белстата за 2018 год в Республике Беларусь из более чем 774 тысяч работников, занятых на рабочих местах с вредными и(или) опасными условиями труда, почти 300 000 работают в условиях воздействия повышенного уровня шума. Не удивительно, что среди профессиональных заболеваний лидирующую позицию долгое время занимает нейросенсорная тугоухость (свыше 40 % всех выявляемых профессиональных заболеваний). Следует отметить, что кроме заболеваний слухового аппарата повышенный уровень шума может привести и к психофизиологическим расстройствам – нарушение сна, тревожность, раздражительность, депрессия, - и даже вызвать скачки артериального давления и сердечный приступ. Главными причинами возникновения и развития тугоухости называют несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки технологического оборудования, их физический износ, а также неисправность средств защиты от шума или их неприменение.

К рабочим местам с повышенным уровнем шума можно отнести в первую очередь таковые в цехах швейного, текстильного, металлургического и металлообрабатывающего производства, в помещениях с компрессорами, в непосредственной близости от оживленных трасс. Машинисты железнодорожного транспорта, метрополитена, водители и операторы спецтехники также подвергаются воздействию повышенного уровня шума.

Поскольку соблюдать требования СанНПиГН №115 «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» по уровню шума на некоторых рабочих местах невозможно, приходится использовать средства коллективной и индивидуальной защиты.

Если уровень постоянного шума на рабочих местах превышает 80 дБА, то наниматель обязан обеспечить работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ): пробками, наушниками, заглушками, вкладышами (берушами) и шлемами. Вкладыши (многообразные или одноразовые, мягкие или жесткие) – самые простые, недорогие и удобные в применении СИЗ, которые позволяют снизить уровень шума на 5-20 дБА. Они вставляются непосредственно в слуховой канал и могут быть дополнены дужкой для крепления или шнурком.

Что касается наушников, то существует достаточно их модификаций, причем максимальная акустическая эффективность некоторых может достигать 27 - 30 дБА. Все наушники делятся на две основных группы: шумоизолирующие или наушники пассивной защиты, которые просто не дают звуковой волне попасть в слуховой аппарат, и наушники с активным шумоподавлением. Последние имеют более сложное устройство, чем обычные шумоизолирующие, и конструктивно состоят из следующих элементов: микрофон, электронный инвертор шума, аккумулятор и динамик. Такое «умное» СИЗ анализирует окружающий шум и генерирует противофазную ему звуковую волну – «антишум». При наложении шума и «антишума» происходит взаимное их гашение. Иногда противозумные наушники могут совмещать с рацией.

Если говорить про средства и методы коллективной защиты от шума, их можно разделить на следующие группы:

1. Решения, позволяющие снизить шум в источнике: проектирование (выбор) малошумного оборудования. Сведение к минимуму щелей в ограждениях машин и / или их закрытие звукопоглощающим материалом; замена цепных и зубчатых передач на ременные; замена металлических шестерен на пластмассовые; использование шестерен с зубчатым венцом, обес-

печивающим плавный ход (например, шеврон и другие винтовые формы); замена металлических деталей на пластиковые; замена моторов на более тихие – именно эти конструкторские решения способствуют уменьшению уровня шума.

2. Управление источником шума посредством выбора минимальных по шуму режимов работы, смазывания узлов, применение демпфирующих прокладок, заключения источника в звукоизолирующие (звукопоглощающие) герметичные корпуса, использование глушителей на выхлопных системах, регулярное техническое обслуживание и плановый ремонт оборудования. Так, например, шумоизоляционные боксы для оборудования обеспечивают снижение шума на величину до 30 дБА.

3. Управление шумом на пути следования: расположение шумного оборудования в отдельных помещениях, звукоизолирующие экраны, звукоизолирующие кабины для персонала (также позволяют снижать шума на величину до 30 дБА); звукопоглощающее покрытие стен.

4. Ограничение времени нахождения в условиях повышенного уровня шума, соответствующий режим работы.

Считается, что наиболее эффективный путь в борьбе с вредным воздействием шума на работников – именно управление шумом в источнике.

Целью данной работы является анализ современных известных разработок в области защиты от шума, для чего был проведен патентный поиск в базах Республики Беларусь и Российской Федерации и осуществлялся анализ изобретений в данной области за последние 10-15 лет.

Изучение патентной базы РФ позволяет выделить следующие интересные патенты в области защиты от повышенных уровней шума:

- RU 2489998 «Средство защиты органов слуха, не имеющее оголовья, и способ защиты органов слуха» - предлагает конструкцию индивидуального устройства для защиты от шума (наподобие беруш), которое за счет конфигурации и применяемых материалов обеспечивает удобство использования и возможность извлекать устройство из уха, не загрязняя его рукой;
- RU 2332194 «Противошумные наушники» - конструкция, обеспечивающая высокую эффективность защиты от сверхсильных импульсных шумов (ударных волн) при одновременной возможности хорошего восприятия речевых команд;
- RU 2678705 «Устройство для защиты органов слуха, содержащее скрученный акустический рог» - эргономичная конструкция за счет формы конструктивных элементов и уменьшения на значительную величину поперечного сечения от звукоприемного отверстия до звуковыпускного отверстия может обеспечивать отсеечение шума выше 2 кГц и избирательно усиливать звуковые волны в частоте человеческой речи;
- RU 2545462 С2 «Система активного шумоподавления с ультразвуковым излучателем» - модернизированная система активного подавления шума (звуковая система, воспринимающая, анализирующая звуки и воспроизводящая «антишум») частот от 20 до 20000 Гц в области до 10 м³. Применяется на пути распространения звука для производственных и жилых помещений, а также на открытой местности;
- RU 2462561 С2 «Стенные и потолочные звукоизолирующие устройства» - авторы предлагают конструкцию устройств для звукоизоляции помещений, выполненных из листового металла, имеющих определенную конфигурацию и характеризующихся жесткостью пружины. Эффект обеспечивает улучшенную эффективность потерь шума в определенных диапазонах частот по сравнению с некоторыми известными аналогами и аналогичную эффективность по сравнению с остальными.

Патентная база РБ предлагает преимущественно инженерно-конструкторские решения для защиты от шума в виде средств коллективной защиты, например:

- ВУ 12151 «Способ термо- и шумоизоляции транспортного средства» предполагает нанесение на каркас транспортного средства пистолетом-распылителем смесь полиизоцианата, полиола и антипирена, которые образуют слой пеноматериала толщиной 10-50 мм;
- ВУ 1415 «Шумозащитный барьер» - применять особую конструкцию из бетонных блоков с песчаной засыпкой для защиты от транспортного шума;

- ВУ 4680 «Звукоизолирующее окно» - использование для защиты от шума стеклопакета, заполненного внутри прозрачным водным раствором, где на внешнем переплете устанавливается прозрачная пленка с высокими упругими свойствами, характеризующаяся определенной кривизной поверхности;

- ВУ 305 «Система снижения уровня вибрации и шума в полах здания» - конструкцию фундамента, расположенного на опорах с резиновыми виброизоляторами, для домов, расположенных вблизи железнодорожных путей;

- ВУ 1479 «Противошумовой барьер» - бетонную конструкцию с пустотелыми блоками с вертикальными прорезями определенной конфигурации, направленными в сторону источника шума - для уменьшения шума от транспортных средств вдоль оживленных трасс;

- ВУ 1480 «Многослойный звукоизоляционный материал» – композиционный материал из полиэтиленовой пленки, волокнистого холста и смеси химических волокон для отделки стен помещений.

Анализ патентов в области разработки и совершенствования средств индивидуальной и коллективной защиты от шума показывает, что основные новшества касаются совершенствования особенностей конструкции СИЗ, а также применения новых материалов для их изготовления, обеспечивающих максимально плотную изоляцию слухового прохода и комфорт в использовании. Что касается средств коллективной защиты – авторы предлагают либо упрощение шумозащитных конструкций с сохранением их эффективности, либо, наоборот, усложнение конструкции, структуры или состава с целью повышения эффективности рассматриваемого средства. Немалый интерес представляют разработки в области совершенствования узлов транспортных средств, благодаря которым происходит уменьшение общего уровня шума в процессе эксплуатации.

Таким образом, изучение и анализ доступных отечественных и зарубежных патентов позволяет сделать вывод, что все последние разработки в области средств защиты от повышенного уровня шума условно можно разделить на следующие группы:

1. Модернизация известных и разработка новых конструкций средств индивидуальной защиты (вкладыши, наушники).

2. Разработка новых звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов и строительных элементов (окна, двери, стройматериалы, отделочные материалы).

3. Разработка новых конструкций звуковых барьеров, работающих по принципу уменьшения уровня шума на пути распространения звуковой волны.

**Обеспечение пожарной безопасности VR-парков
(парков виртуальной реальности)**

Студентка Шафаренко В.И.
Научный руководитель - Ушакова И.Н.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В настоящее время парки виртуальной реальности – популярный вид отдыха и развлечений для детей и взрослых. Поэтому обеспечение пожарной безопасности (ПБ) очень важно. От этого зависит безопасность большого количества людей. Чаще всего такие парки располагаются в торговых центрах или занимают общественное здание. Для обеспечения пожарной безопасности необходимо соблюдать требования таких нормативных документов как [1, 2, 3]. Большое значение для обеспечения пожарной безопасности имеет:

- характеристика строительных конструкций и отделочных материалов по пожарной безопасности;
- выбор системы удаления дыма;
- датчики обнаружения дыма и сигнализационные устройства;
- расчет количества и пропускная способность путей эвакуации;
- подготовленность персонала к действиям при чрезвычайных ситуациях;
- обеспечение подъездных путей для пожарных аварийно-спасательных подразделений и др.

Важная роль отводится и персоналу, который работает в парках виртуальной реальности. Из-за большого количества оборудования они должны соблюдать инструкции по пожарной безопасности, проходить обучение, тренировки и сдавать экзамены.

Инструкция для персонала заведения должна включать такие разделы:

- вводная часть, где поясняется, на кого и какие помещения распространяется действие документа и обязательства по его выполнению, кто является ответственным по пожарной безопасности;
- правила содержания помещений, зданий, территории, эвакуационных путей;
- меры по обеспечению ПБ при использовании приборов и оборудования;
- правила хранения имущества, товаров, горючих и взрывоопасных веществ;
- места для курения и уборка отходов;
- расположенность дорог, подъездов и стоянок для пожарной техники;
- места складирования и хранения использованной ветоши и расходных материалов;
- правила поведения на территории, в коридорах и павильонах;
- график уборки и выноса мусора;
- действия при обнаружении пожара и задымлении.

Инструкция о мерах пожарной безопасности в торговом зале подписывается инженером по охране труда и утверждается руководителем учреждения.

В парках виртуальной реальности запрещается использовать горючие материалы для строительных конструкций и отделки. Руководители парков виртуальной реальности должны заключать договора (контракты) с лицензированными компаниями на установку систем пожаротушения, их проверку, обслуживание и ремонт.

На каждом объекте должны быть установлены:

- дымовые или тепловые датчики;
- приспособления для удаления дыма (для помещений площадью более 100 м²);
- сигнализаторы возгорания;
- порошковые, пенные, водяные или газовые системы пожаротушения;
- световые табло с собственными источниками питания;
- указатели прохода к эвакуационным путям.

Для обеспечения пожарной безопасности должна быть разработана планировка помещения и здания с учетом [1 - 3]:

- количество выходов с этажа – 2 и более, каждый с пропускной способностью не менее 15 человек;

- ширина дверей и лестниц: проходы и пролеты должны быть не менее 190 см высотой и 90 см шириной;

- расстояние между выходами – не более 50 м;

- необходимо наличие планов эвакуации. В больших залах вывешивается несколько схем на расстоянии не более 60 м друг от друга.

Большое значение имеет пожарная сигнализация и система пожаротушения. На этажах должны быть системы сигнализации и пожаротушения автоматические. Такое решение позволяет исключить какое-либо влияние человеческого фактора на работу технических средств.

При выборе типов датчиков преимущество отдается дымовым устройствам, обнаруживающим возгорание на начальных стадиях. Тепловые датчики срабатывают, когда огнем охвачена большая часть помещения и борьба с ним представляет трудность даже для профессионалов со специальной техникой.

Электрическая проводка прокладывается таким образом, чтобы обеспечить работу установок пожаротушения, сигнализации и указателей в течение промежутка времени, необходимого для полной эвакуации людей из здания. Для предотвращения короткого замыкания линии электропередач оснащаются автоматическими выключателями.

Проверка и обслуживание систем оповещения пожаротушения проводятся не реже 1 раза в неделю, а при обнаружении неисправности – немедленно. Работоспособность датчиков, шлейфов, тревожных кнопок и табло производится после закрытия ежедневно. Эксплуатация VR-парков с неисправными системами оповещения и пожаротушения не допускается.

Правила пожарной безопасности (ППБ РБ) в парках виртуальной реальности регламентируют количество и параметры эвакуационных путей [1].

Запрещается загромождать эвакуационные пути машинами и мебелью, обустройства на пролетах и площадках лотки, автоматы, ларьки и киоски.

VR-парки могут быть заполнены различным электрическим и техническим оборудованием. Если на территории парка более 25 единиц оборудования, должен быть разработан и утвержден руководителем специальный план его расстановки с соблюдением проезда для пожарной машины. План должен содержать описание порядка и очередности эвакуации оборудования в случае возникновения пожара, порядка хранения ключей от замков зажигания, график дежурств.

Допускается нахождение декораций и сценического оформления, применяемых в оформлении машин. Хранение декораций в технологических помещениях (карманах) допускается в пределах участков, обозначенных на полу хорошо видимыми ограничительными линиями.

Сооружение и установка конструкций декораций должны производиться так, чтобы не допускать уменьшения минимальной эвакуационной ширины проходов и выходов из парка.

Подвесные леса, подмости и другие приспособления для установки осветительной электроаппаратуры должны выполняться из негорючего материала и иметь приспособления, исключающие возможность падения аппаратуры.

В рабочее время приемку товаров необходимо осуществлять с тыльной стороны торговых объектов (торговых залов) и не препятствовать выходу покупателей. Запрещается в рабочее время осуществлять загрузку (выгрузку) товаров и тары по путям, являющимися эвакуационными.

Для отопления следует использовать масляные электрорадиаторы, электропанели, электрокалориферы промышленного изготовления в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

VR-оборудование должно располагаться на негорючем основании стационарно. Расстояние от излучающей поверхности прибора до горючих материалов и конструкций здания (сооружения) должно быть не менее 0,5 м. Все оборудование заземляется.

Пожарная опасность электрического тока заключается в его тепловом проявлении, которое при определенных условиях превращается в источник зажигания горючей среды. Причинами пожара машин виртуальной реальности являются: короткое замыкание; токовые перегрузки электроустановок; перегрев контактов с большими переходными сопротивлениями; электрические искры и дуги, возникающие при резком разрыве сети.

Пожарную опасность представляют переходные (контактные) сопротивления в местах некачественного соединения проводов между собой при присоединении к электрическим машинам и аппаратам. Количество тепла, выделяющегося в переходных контактах с большим сопротивлением, может быть настолько значительным, что приведет к перегреву проводов в этой зоне и воспламенению изоляции.

Для предохранения от коротких замыканий и чрезмерных перегревов в цепь включают легкоплавкие предохранители или отключающие автоматы. Выбор предохранителей и автоматов осуществляют в зависимости от площади сечения проводов.

На территории Республики Беларусь Министерством по чрезвычайным ситуациям создаются Центры безопасности, где моделируются ситуации, связанные с опасными факторами пожара. Они проводят обучение безопасной эвакуации из задымленного помещения, пользованию первичными средствами пожаротушения. Сотрудники VR-парков регулярно проходят обучение в Центрах безопасности, институтах повышения квалификации, а также на производствах.

Защита от пожаров жизни людей и здоровья людей, всех видов собственного и экономики является важнейшим мероприятием при выполнении работ и эксплуатации объектов VR-парков.

Литература:

1. ТКП 45-2.02-315-2018 (33020) Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования.
2. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь. ППБ 0.01-2014, утв. Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 3 от 14.03.2014 в ред. 14.02.2017 № 5.
3. СН 3.02.02-2019. Общественные здания.

Противопожарное водоснабжение

Студент Склепович Е.В.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Тушение пожаров водой обычно производится установками водяного пожаротушения и водяными стволами (ручными и лафетными). Вода подается от внутренних пожарных кранов, пожарных автомашин, мотопомп или от приспособленной для целей пожаротушения техники.

Воду для тушения пожаров на предприятиях и в учреждениях бытового обслуживания отбирают от систем противопожарного водоснабжения (водопроводное и безводопроводное).

По назначению водопроводы делят на хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные и объединенные. Самостоятельные противопожарные водопроводы строят редко. Обычно их объединяют с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводами и называют объединенными хозяйственно-противопожарными или производственно-противопожарными водопроводами.

Производительность хозяйственно-противопожарного водопровода населенного пункта определяется из расчета обеспечения хозяйственно-питьевых, производственных, противопожарных, санитарных и прочих нужд (по соответствующим нормам расхода воды на каждые нужды в отдельности). Противопожарные нужды складываются из расчетного расхода воды на наружное пожаротушение через гидранты и внутреннее пожаротушение из пожарных кранов, спринклерных и дренчерных установок. Внутренние пожарные краны устанавливаются на внутренней водопроводной сети большинства производственных и общественных зданий.

Расход воды на пожаротушение зависит от категорий пожарной опасности зданий предприятия, степени огнестойкости строительных конструкций зданий и объемов производственных помещений.

Одним из основных условий, которым должны удовлетворять наружные водопроводы, является обеспечение постоянного давления в водопроводной сети, поддерживаемого действующими насосами, водонапорной башней или пневматической установкой, необходимого для начального тушения пожара. Это давление часто определяется из условия работы внутренних пожарных кранов.

По способу создания давления воды противопожарные водопроводы подразделяются на водопроводы высокого и низкого давления.

Противопожарный водопровод устраивается обязательно для всех цехов и вспомогательных помещений, расположенных в производственных зданиях высотой более пяти этажей. А также в складских помещениях и частях зданий объемом 5000 м³ и более при хранении в них горючих материалов и продукции.

Приказом руководителя предприятия назначается лицо, ответственное за противопожарное водоснабжение предприятия

Во всех случаях при временном отключении участков водопроводной сети с установленными на них пожарными гидрантами или кранами, а также при уменьшении напора в сети ниже требуемого, выхода из строя насосных станций, неисправности спринклерных и дренчерных установок, утечки воды из пожарных водоемов необходимо известить представителей Госпожнадзора или начальника ДПД предприятия.

В водопроводной сети, на которой устанавливается противопожарное оборудование, должен быть обеспечен требуемый напор. Сеть должна пропускать расчетное количество воды для целей пожаротушения. При постоянном или периодическом недостатке напора в системах водоснабжения на объектах необходимо предусматривать насосные установки с учетом параллельной или последовательной работы в каждой ступени. Насосные установки для противопожарных целей следует проектировать с ручным или дистанционным управлением,

а для зданий высотой свыше 50 м, конференц-залов, актовх залов и для зданий, оборудованных спринклерными и дренчерными установками, - с ручным, автоматическим и дистанционным управлением. При дистанционном пуске пожарных насосных установок пусковые кнопки следует располагать у выходов из защищаемых помещений. При автоматическом и дистанционном включении пожарных насосов необходимо одновременно подать сигнал (световой и звуковой) в помещение пожарного поста или другое помещение с круглосуточным пребыванием обслуживающего персонала.

Все производственные и пожарные водоемы, а также естественные водоисточники (реки, озера, пруды), расположенные на территории предприятий или вблизи них, оборудуются удобными подъездами и пирсами для забора воды в любое время года. Необходимо осуществлять постоянное наблюдение за пожарными резервуарами, водоемами, водопроводной сетью, гидрантами, насосными установками, обеспечивая их исправное состояние и годность к использованию. У пожарного гидранта следует устанавливать световой или флуоресцентный указатель с буквенным индексом ПГ, номером гидранта, цифровыми значениями расстояния (в метрах) от указателя до гидранта и внутреннего диаметра трубопроводы (в миллиметрах).

На складах лесо- и пиломатериалов, а также на других пожароопасных объектах, не имеющих постоянного пожарного водопровода, необходимо прокладывать летний противопожарный водопровод с установкой на нем через каждые 100 м пожарных кранов диаметром 66 м. На пожарных водоемах и естественных источниках следует иметь пожарные насосы с электроприводом и запасом напорных рукавов, суммарная длина которых должна обеспечить подачу воды в любую точку склада.

Пожарные насосы водонапорной станции предприятия необходимо содержать в постоянной эксплуатационной готовности и проверять их путем создания требуемого напора не реже одного раза в 10 дней с соответствующей записью в журнале.

В помещении насосной станции и пожарной охраны объекта необходимо вывесить схемы противопожарного водоснабжения с указанием всех пожарных водоемов, гидрантов, задвижек, диаметра и длины трубы на участках водопроводной сети, схемы спринклерных и дренчерных установок (если они есть) предприятия и инструкции по их эксплуатации. Нумерация пожарных гидрантов и водоемов на схеме должна совпадать с их нумерацией на местности.

Накаждой задвижке и пожарном насосе-повысителе должны быть указатели их назначения. Крышки люков колодцев пожарных гидрантов необходимо содержать очищенными от грязи, льда, снега, а воду из стоков – сливать. В зимнее время колодцы пожарных гидрантов утепляют для предохранения от замерзания.

Пожарные гидранты, гидранты-колонки, внутренние пожарные краны не реже одного раза в 6 месяцев следует подвергать техническому обслуживанию и проверять их работоспособность посредством пуска воды. Результаты проверки регистрируются в специальном журнале.

Не реже одного раза в 5 лет необходимо промывать внутреннюю водопроводную сеть, очищать ее от грязи и ржавчины. Пожарные краны внутреннего противопожарного водоснабжения во всех помещениях необходимо оборудовать рукавами и стволами. На двери шкафа пожарного крана должен быть указан буквенный индекс ПК, порядковый номер его и номер телефона ближайшей пожарной части.

Внутренние пожарные краны следует устанавливать на высоте 1,35 м над полом помещения и размещать преимущественно у входов, на площадках отапливаемых (за исключением незадымляемых) лестничных клеток, в вестибюлях, коридорах, проходах и других наиболее доступных местах (при этом их расположение не должно мешать эвакуации людей). Краны следует размещать в шкафчиках, имеющих отверстия для проветривания и приспособленных для опломбирования и визуального осмотра без вскрытия. Спаренные пожарные краны допускается устанавливать один над другим, при этом второй кран устанавливается на высоте не менее 1 м от пола. В пожарных шкафах производственных, общественных и вспомогательных зданий следует предусматривать возможность размещения двух ручных огнетушителей.

Каждый пожарный кран должен быть снабжен пожарным рукавом одинакового с ним диаметра длиной 10, 15 или 20 м и пожарным стволом. В одном здании (или частях здания), разделенном противопожарными стенами, следует применять стволы, спрыски, пожарные краны одинакового диаметра и пожарные рукава одинаковой длины.

Время работы пожарных кранов следует принимать равным 3 часа. При установке пожарных кранов на системах автоматического пожаротушения внутренние пожарные краны допускается размещать на водяной спринклерной сети после узлов управления.

Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение следует принимать исходя из объема и степени огнестойкости здания.

В производственных и общественных зданиях при расчетном числе струй две и более каждую точку помещения следует орошать двумя струями – по одной струе из двух соседних кранов (разных пожарных шкафов). Из каждого стояка должно подаваться не более двух струй. При четырех и более струях для получения общего требуемого расхода воды допускается использовать пожарные краны на соседних этажах.

В зданиях и сооружениях (объемом до 10000 м³) из деревянных клееных конструкций или незащищенных металлических конструкций расход воды на внутреннее пожаротушение следует увеличивать на 5 л/с (одна струя); при применении ограждающих конструкций с полимерными утеплителями – на 10 л/с (две струи по 5 л/с каждая). При большем объеме здания расход воды необходимо увеличивать на 5 л/с на каждые полные и неполные 100 000 м³.

В сельских населенных пунктах для хозяйственно-противопожарных нужд чаще всего устраиваются системы местного водоснабжения с забором воды из поверхностных и подземных источников (шахтных колодцев или скважин). В качестве водоподъемных устройств применяют центробежные и поршневые насосы, системы «Эрлифт», ветросиловые установки и др. Наиболее надежными и удобными являются центробежные насосы.

Выбор того или иного источника водоснабжения определяется местными природными условиями, санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к качеству воды, и технико-экономическими соображениями. Однако предпочтение должно отдаваться подземными источниками водоснабжениями, так как они не требуют очистных сооружений.

К поверхностным источникам относятся реки, озера, пруды, ручьи и в отдельных случаях моря. Место расположения водоприемника определяется с расчетом возможно более простого и дешевого способа забора воды от источника; беспрепятственного получения требуемого количества воды; обеспечения поступления более чистой воды; наиболее близкого расположения к снабжаемому водой объекту. Для использования подземных вод применяют сооружения следующих типов: трубчатые буровые колодцы, горизонтальные и лучевые водосборы, сооружения для каптажа родниковых вод, комбинированные водозаборы.

Студенты Федюкова М.С., Матыркин Д.А.
Научный руководитель - Филянович Л.П.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

При обслуживании трансформаторов должны быть обеспечены безопасные условия наблюдения за уровнем масла, газовым реле, а также условия для отбора проб масла. Осмотр высоко расположенных частей (3 м и более) работающих трансформаторов габарита IV и выше, проводят со стационарных лестниц с учетом требований безопасности. У трансформаторов с совтоловым наполнением обслуживающий персонал контролирует по мановакуумметру давление внутри бака и в случае повышения давления до 50 кПа (0,5 кгс/см²) принимает меры к снижению нагрузки. Уровень масла в расширителе неработающего трансформатора должен быть не ниже контрольных черт, соответствующих уровням масла в трансформаторе при температуре окружающей среды -45 °С, -15 °С, +40 °С.

Персонал, обслуживающий трансформаторы, снабженные устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), обязан поддерживать соответствие между напряжением сети и напряжением, устанавливаемым на регулировочном ответвлении.

Включать переключающее устройство в работу разрешается при температуре верхних слоев масла -20 °С и выше, а при наличии контактора (РПН), расположенного вне бака трансформатора - при температуре окружающей среды -45 °С и выше. Трансформаторы с естественным масляным и дутьевым охлаждением допускается включать в работу с полной нагрузкой с застывшим маслом при температуре не ниже -40 °С. Если температура ниже -40 °С, то нужно включить трансформатор на нагрузку не более 50 % номинальной при температуре до -40 °С, после чего нагрузку увеличить. Осмотр трансформаторов (без отключения) проводят:

- в электроустановках с постоянным дежурным персоналом – 1 раз в сутки;
- в установках без постоянного дежурного персонала – не реже 1 раза в месяц;
- на трансформаторных пунктах – не реже 1 раза в месяцев.

Трансформатор должен быть выведен из работы при обнаружении:

- сильного неравномерного шума и потрескивания внутри трансформатора;
- ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформатора при нормальных нагрузках и охлаждении;
- выброса масла из расширителя или разрыва диафрагм выхлопной трубы;
- течи масла с понижением его уровня ниже уровня масломерного стекла.

Трансформатор выводят из работы при необходимости замены масла по результатам лабораторного анализа. Трансформаторы мощностью 160 кВ·А и более оборудуют системами непрерывной регенерации масла в термосифонных и адсорбционных фильтрах. В расширителе трансформатора масло должно быть защищено от непосредственного соприкосновения с окружающей средой. Качество трансформаторного масла периодически контролируют. Наименьшее пробивное напряжение трансформаторного масла в аппарате – 20 кВ при напряжении до 15 кВ; 25 кВ – от 15 до 35 кВ; 35 кВ – от 60 до 220 кВ.

Содержание механических примесей по визуальному определению должно быть равно нулю, кислотное число не более 0,25 мг КОН.

В аварийных режимах допускают кратковременную перегрузку трансформаторов сверх номинального тока при всех системах охлаждения независимо от длительности и значения предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды в допустимых пределах.

Перегрузка масляных трансформаторов сверх номинального тока до 40 % допускается общей продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток при условии, что ко-

эффицент начальной нагрузки не превышает 0,93 (при этом должны быть полностью использованы все устройства охлаждения трансформатора). При перегрузке трансформаторов сверх допустимой дежурный персонал обязан принять меры к его разгрузке, действуя в соответствии с местной инструкцией.

Двери трансформаторных пунктов и камер должны быть постоянно закрыты на замок.

При обслуживании электродвигателей, связанным с прикосновением к токоведущим ли вращающимся частям электродвигателя и приводимого им в движение механизма, необходимо остановить электродвигатель и на его пусковом устройстве или ключе управления повесить плакат «Не включать. Работают люди».

Операции по отключению и включению электродвигателей напряжением выше 1000 В пусковой аппаратурой с приводами ручного управления производят с изолирующего основания в диэлектрических перчатках.

При работе на электродвигателе заземление накладывают на кабель (с отсоединением или без отсоединения его от электродвигателя) или на его присоединение в распределительном устройстве. При работе на механизме, если она не связана с прикосновением к вращающимся частям или рассоединена соединительная муфта, заземлять питающий кабель электропривода не требуется.

Перед допуском к работе на электродвигателях насосов, дымососов и вентиляторов, если возможно вращение электродвигателей от соединительных с ними механизмов, должны быть закрыты и заперты на замок задвижки и шибера последних, а также приняты меры по затормаживанию роторов электродвигателей.

Обслуживать щеточный аппарат на работающем электродвигателе допускается единолично работнику оперативного персонала или выделенному для этой цели обученному работнику, имеющему группу по электробезопасности не ниже III. При этом необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- работать в головном уборе и застегнутой спецодежде, остерегаясь захвата ее вращающимися частями машины;
- пользоваться диэлектрическими галошами или резиновыми ковриками;
- не касаться руками одновременно токоведущих частей двух полюсов или токоведущих и заземленных частей.

Кольца ротора допускается шлифовать на вращающемся электродвигателе лишь с помощью колодок из изоляционного материала с применением защитных очков. У работающего многоскоростного электродвигателя неиспользуемая обмотка и питающий ее кабель должны рассматриваться как находящиеся под напряжением. Ограждение вращающихся частей электродвигателей во время их работы снимать запрещается!

Перед допуском к работе на коммутационных аппаратах (выключателях мощности нагрузки, отделителях, короткозамыкателях, разъединителях) с автоматическими приводами и дистанционным управлением должны быть:

- отключены силовые цепи привода, цепи оперативного тока и цепи подогрева;
- закрыты и заперты на замок задвижки на трубопроводе подачи воздуха в пневматические приводы; выпущен в атмосферу имеющийся в них воздух, при этом пусковые пробки (клапаны) оставляют в открытом положении;
- приведены в нерабочее положение включающий груз или включающие пружины;
- вывешены плакаты «Не включать. Работают люди» на ключах дистанционного управления и «Не открывать. Работают люди» на закрытых задвижках.

Для пробных включений и отключений коммутационного аппарата при его наладке и регулировке допускается при несданном наряде временная подача напряжения в цепи оперативного тока и в силовые цепи привода, в цепи сигнализации и подогрева, а также подача воздуха в привод и на выключатель.

Установку снятых предохранителей, включение отключенных цепей и открытие задвижек при подаче воздуха, а также снятие на время опробования плакатов «Не включать. Работают люди» и «Не открывать. Работают люди» осуществляет оперативный персонал или по

его разрешению производитель работ. Дистанционного включать или отключать коммутационный аппарат для опробования разрешается работнику, ведущему наладку или регулировку, либо по его требованию оперативному персоналу.

После опробования при необходимости продолжения работы на коммутационном аппарате работником оперативного персонала или по его разрешению производителем работ должны быть выполнены технические мероприятия, требуемые для допуска к работе.

Подъем на находящийся под рабочим давлением воздушный выключатель разрешается только при проведении испытаний и наладочных работ (регулировка демпферов, снятие виброграмм, присоединение или отсоединение мест утечки воздуха и т.п.). Подъем на отключенный воздушный выключатель с воздухонаполненным отделителем, когда отделитель находится под рабочим давлением, запрещается во всех случаях.

Влагонепроницаемость (герметичность) воздушных выключателей проверяется при пониженном давлении в соответствии с заводскими инструкциями.

Перед подъемом на воздушный выключатель для испытаний и наладки необходимо отключить цепи оперативного тока, заблокировать кнопку местного управления и пусковые клапаны (например, отсоединить воздухопроводные трубки, запереть шкафы и т.п.) или поставить около выключателя проинструктированного члена бригады, который допускал бы к оперированию выключателем (после включения оперативного тока) только одного определенного работника по указанию производителя работ.

Во время нахождения людей на воздушном выключателе, находящемся под давлением, прекращаются все работы в шкафах управления и распределительных. Во время отключения и включения воздушных выключателей при опробовании, наладке и испытаниях людей около выключателей не допускается.

Команду на выполнение операций выключателем производитель работ по испытаниям и наладке (или уполномоченное им лицо из состава бригады) может подать после того, как члены бригады будут удалены от выключателя на безопасное расстояние или в укрытие.

Перед допуском к работе, связанной с пребыванием людей внутри воздухоосборников, необходимо:

- закрыть задвижки на всех воздухопроводах, по которым может быть подан воздух, запереть их на замок, вывесить на задвижках плакаты «Не открывать. Работают люди»;
- выпустить воздух, находящийся под давлением в воздухоосборнике, оставив открытыми пробку в его верхней части и спускную задвижку;
- отсоединить от воздухоосборника воздухопровод подачи воздуха и установить на нем заглушки.

Нулевое показание манометров на баках выключателей и воздухоосборниках не может служить достоверным признаком отсутствия сжатого воздуха. При снятии крышек лазов непосредственно перед отвинчиванием болтов и гаек необходимо, открывая спускные пробки (клапаны) или задвижки, убедиться в действительном отсутствии сжатого воздуха.

Спускные пробки (клапаны) или задвижки разрешается закрывать только после завинчивания болтов и гаек, крепящих крышку лаза.

В соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов компрессорную установку должен обслуживать работник, имеющий группу по электробезопасности не ниже II и закрепленный за этой установкой.

Техника безопасности геодезиста при работе на стройплощадке

Студенты Безуглов Н.С., Лаппо Я.В.
Научный руководитель - Шрубенко Т.П.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В среднем, человек тратит треть своей жизни, находясь на работе. Поэтому условия труда должны быть организованы на должном уровне. Законодательством прописаны важные основы безопасной, комфортной и производительной обстановки на рабочем месте.

В большинстве своем, геодезисты – это те люди, которые большую часть своего рабочего времени проводят на улице, выполняя измерительные работы разной степени сложности.

Выполняя свои обязанности, эти люди вынуждены работать в разных местах и в разных условиях, поэтому невозможно предвидеть все возможные риски, с которыми геодезисты могут столкнуться. Однако для минимизации рисков и предотвращения несчастных случаев существуют требования по охране труда, которые необходимо соблюдать.

Инженерно-геодезические работы выполняют в различных условиях: на территориях городов и промышленных объектов, в лесных и труднодоступных местах, на участках железных и автомобильных дорог, на возводимых зданиях и сооружениях и т. д. Для предупреждения несчастных случаев и травм в этих условиях все работы должны выполняться с соблюдением специальных правил и инструкций по технике безопасности.

При выполнении геодезических работ на строительных площадках прежде всего соблюдаются общие правила техники безопасности строительства.

При выполнении геодезических работ на строительном объекте следует руководствоваться правилами по охране труда при выполнении строительных работ (введены в действие приказом Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31.05.2019 г. № 24/33) и ведомственными инструкциями по охране труда, разработанными и утвержденными в установленном порядке. В проекте производства геодезических работ (ППГР) должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на геодезических работах.

При внедрении в строительство новых технологий труда или нового оборудования геодезические работы следует производить в соответствии с инструкциями, разработанными специально для этих случаев и утвержденными в установленном порядке.

Нельзя работать на стройплощадке без защитной каски. Обувь должна быть на жесткой подошве, одежда – не стеснять движений. Необходимо знать правила оказания первой помощи при несчастных случаях.

Строящиеся здания и сооружения ограждают заборами или козырьками.

На строительных площадках устанавливают знаки безопасности и надписи около опасных зон, где действуют или могут возникнуть опасные производственные факторы, например «Зона работы крана», «Открытые проемы» и т. д.

К таким зонам относятся: пространства вблизи неизолированных токоведущих частей электроустановок; места продвижения машин, хранения вредных веществ; территория, над которой перемещают грузы грузоподъемными кранами, где работает оборудование с вращающимися рабочими органами и ведутся сварочные работы.

Нельзя проводить геодезические работы вблизи работающих экскаваторов, подъемных кранов, в местах где проходят электролинии. В случае необходимости проведения таких работ электролинию следует отключить.

При выполнении измерений, связанных с земляными работами (рытье глубокого котлована), необходимо следить за крутизной откосов и правильным креплением стенок, избегать подкопов. Запрещается производить геодезические работы с установкой прибора:

- рядом с экскаватором во время его работы или под стрелой;

- на краю котлована с крутыми откосами, а также на краю неглубокого котлована, в месте выемки грунта экскаватором, во избежание обвала;
- под нависшим грунтом (козырьком) или непосредственно на нем.

Колодцы, шурфы и другие и другие выемки в грунте, а также проемы в перекрытиях зданий и сооружений закрывают щитами или огораживают.

При выполнении работ с применением лазерного луча в местах возможного прохода людей устанавливают экраны, исключаящие распространение луча за пределы мест производства работ.

При выполнении геодезических работ, сопутствующих строительным, выполняют все правила техники безопасности, установленные для данного вида строительных работ, а также специфические.

До начала полевых топографо-геодезических работ в городских условиях, населенных пунктах и на территориях промышленных объектов устанавливают схемы размещения скрытых объектов: подземных коммуникаций и сооружений.

В зимнее время при прогреве грунта или бетона электрическим током геодезические измерения следует производить вне таких участков, предупреждая возможность поражения электрическим током из-за касания стальной рулеткой арматуры, находящейся под напряжением. В случае необходимости проведения геодезических работ в местах, где проходят неизолированные токоведущие линии, их необходимо отключить.

Подъем на здание геодезистов с приборами допускается только по лестничным маршам, имеющим ограждение. Лестницы должны быть в исправном состоянии и надежно закреплены. Следует избегать передвижения с приборами по лестницам, ступеньки которых не очищены от грязи, снега и льда. Запрещается передвигаться по конструкциям, перемышкам, перегородкам и стенам.

Геодезический инструмент следует ставить так, чтобы он не мог упасть. Прислонять теодолит или нивелир на штативе к стене воспрещается. Геодезические инструменты следует оберегать от резких ударов и сотрясений. Попавшие под дождь инструменты следует высушить, протереть объектив, окуляр и только после этого уложить в упаковочный футляр. Ленту мерных приборов необходимо очистить от грязи и протереть насухо сразу после окончания работ. Хранить геодезические инструменты следует в сухом, отапливаемом помещении, вдали от источников тепла.

В данной статье были рассмотрены основные требования по охране труда во время выполнения геодезических работ, проанализировав все выше перечисленные требования можно сделать следующий вывод.

Несмотря на все выше изложенные требования, нельзя быть уверенным, что они гарантируют полную безопасность во время работы. Но их соблюдение помогает свести к минимуму возникновения несчастных случаев и возникновения жертв среди работников.

Безопасность труда при перемещении грузов

Студенты Григорчик Е.В., Кадемик М.Р.
Научный руководитель - Шрубенко Т.П.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Погрузка и разгрузка являются одними из центральных операций, проводимых в логистике. Наличие огромной сети железных и автомобильных дорог, речного, морского и воздушного транспорта потребовало организации сотен тысяч погрузочно-разгрузочных и перегрузочных пунктов не только в городах, но и в сельской местности. Эти пункты должны быть оснащены погрузочно-разгрузочными машинами и оборудованием, способствующим механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы выполняются практически в каждой организации. Такие работы производятся как вручную, с помощью физической силы работника, так и различного вида машинами и механизмами. До погрузочно-разгрузочных работ необходимо провести комплексную работу по подготовке к их проведению и обеспечению безопасности выполнения работ, обеспечить соблюдение норм и правил охраны труда.

Погрузка, разгрузка и перемещение грузов производятся в соответствии с требованиями нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда при проведении конкретных видов погрузочно-разгрузочных работ.

В настоящий момент профилактика несчастных случаев на производстве является одним из главных правил и ему уделяется особое внимание.

Рассмотрев нормативные акты, мы проанализировали основные правила перемещения груза.

Безопасность производства погрузочно-разгрузочных работ обеспечивается:

- выбором способа производства работ, подъемно-транспортного оборудования и технологической оснастки;

- подготовкой и организацией места производства работ;

- применением средств защиты работающих;

- проведением медицинского осмотра лиц, допущенных к работе, и их обучением.

Требования при погрузке, разгрузке грузов:

- погрузка и разгрузка грузов массой от 80 до 500 кг производятся с применением подъемно-транспортного оборудования, средств механизации. Ручные погрузка и разгрузка таких грузов допускаются только на площадках под руководством и в присутствии уполномоченного должностного лица работодателя при условии, что нагрузка на одного работающего не превышает 50 кг;

- погрузка и разгрузка грузов массой более 500 кг производятся только с помощью соответствующего подъемно-транспортного оборудования;

- для обеспечения безопасной погрузки, разгрузки, перемещения грузов с помощью подъемно-транспортного оборудования разрабатываются схемы строповки грузов в зависимости от их вида, массы, формы. Перед подъемом и перемещением груза проверяются устойчивость груза и правильность его строповки.

Требования при подъеме и перемещении грузов вручную:

- проведение погрузочно-разгрузочных работ вручную допускается при соблюдении предельно допустимых норм разового подъема тяжестей работающим (мужчиной) не более 50 кг;

- при проведении погрузочно-разгрузочных работ несколькими работающими необходимо каждому из них следить за тем, чтобы не причинить друг другу травмы инструментом или грузом. При переноске грузов расстояние между работающими (или группами работающих) должно быть не менее 2-х м.

Требования к местам проведения погрузочно-разгрузочных работ:

- требования безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ предъявляются не только к их организации и технологии, но и к местам их выполнения;

- погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться на специально отведенных площадках с твердым основанием, обеспечивающим устойчивость подъемно-транспортного оборудования, складироваемых материалов и транспортных средств;

- площадки должны иметь уклон не более 5 градусов, при применении автопогрузчиков и электропогрузчиков – не более 3 градусов. На площадке для укладки грузов обозначаются границы штабелей, проходов и проездов между ними. При этом ширина проездов должна обеспечивать безопасность движения транспортных средств и подъемно-транспортного оборудования. Для промежуточного складирования грузов площадки должны находиться на расстоянии не менее 2,5 м от железнодорожных путей и автодорог. При промежуточном складировании грузов должны применяться конструкции и средства, обеспечивающие устойчивость и надежность крепления уложенных грузов;

- места проведения погрузочно-разгрузочных работ оснащаются необходимыми средствами коллективной защиты и знаками безопасности.

Таким образом, можно судить о важности охраны труда на современном этапе развития производства и его повсеместном применении.

Охрана труда является важной составляющей любого производства, определяя человека, как главную ценность, ведь его безопасность и хорошее здоровье позволяют сделать производственный процесс более четким, что повысит рентабельность самого предприятия. Человеческая жизнь не должна быть разменной монетой ради хорошей заработной платы, либо особо ценного продукта, который производит предприятие. Ничто не должно быть выше обеспечения защиты человека от угроз его здоровью и жизни. Правильно организованная система охраны труда дисциплинирует самого работника и, как следствие, ведет к повышению производительности выполняемой работы и увеличению ее эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ

Обработка металлов давлением. Теория, технология, оснастка и оборудование	4
Добрынь А.В. Влияние рассогласования скоростей двух соседних клетей на размеры катанки и величину продольного напряжения в полосе между клетями.....	5
Карпей Ф.С., Кузьмич И.А. Индукционный нагрев в кузнечно-прессовом производстве.....	8
Рамазов Х.Ф. Энергоэффективных способов прокатки латунного листа.....	11
Абраров Ш.Ш. Зависимость коэффициента вытяжки от основных факторов.....	14
Даминова Г.Д. Организация и построение автоматизированного банка данных для технологических процессов обработки металлов давлением.....	16
Тургунова Х.А. Рекомендации по конструированию штампов для выдавливания.....	18
Апишев В.В. Магнитно-импульсная обработка металлов.....	20
Индрилюнас В. Б. Возможность централизации управления гидравлическими штамповочными молотами с ЧПУ в производстве объемных поковок различных форм с помощью средств мобильной связи или созданием локальной сети с целью автоматизации производства.....	22
Астапович А.В. Преимущества и недостатки гидравлических штамповочных молотов с ЧПУ в производстве объемных поковок различных форм	23
Барановский М.А. Разработка технологического процесса производства сортового проката диаметром 8,5 мм из заготовки размером 250x300 мм условиях стана 370/150.....	24
Шевченко Е.Г., Мухитдинов А.А. Изготовление буровых долот под высоким давлением	25
Ахмаджонов Ё.Д. Анализ процессов обработки металлов давлением на программном обеспечении с использованием DEFORM	27
Ботвич А.Н., Кацкель В.С., Чаботар И.С. Холодная прокатка гранул алюминиевых сплавов и алюминиевой ленты с наложением сдвиговых деформаций.....	30
Ветошкин А.В. Создание компьютерной модели валковой правки.....	32
Производство чёрных и цветных металлов и сплавов на их основе	34
Турахужаева А.Н. Растворимость железа в алюминиевых сплавах.....	35
Турахужаева Ш.Н. Снижение числа неметаллических включений в алюминиевых сплавах.....	38
Носирходжаев И.С. Процесс плавки алюминиевых сплавов в электрошлаковой печи.....	41
Ёркулов С.И., Ризаева Н.М. Анализ процессов структурообразования при отжиге проката.....	44
Тишкова Я.И., Бурова В.Ю. Влияния смазки на качество поверхности полимерных изделий, изготавливаемых методом литья под давлением.....	47
Тишкова Я.И., Медведева Н.В. Исследование коррозионной активности смазки для литья под давлением полимерных изделий.....	50
Рахимов С.Н., Алимбабаева З.Л. Влияние легирующих элементов на отпуск стали... ..	52
Турахужаева А.Н. Математическая модель для расчёта теплообменных процессов	54
Турахужаева Ш.Н. Метод снижения газовых включений в алюминиевых сплавах....	56
Кучинский Д.И., Смарцелов Д.С., Ролинский Д.С. Влияние Cr, Mn и Ni на образование карбидов в высокохромистых чугунах.....	58
Машины и технология литейного производства	62

Несон З.А., Шаршнева Д.В., Дудинская Ю. В. Применение ультрадисперсных материалов в качестве модификаторов для быстрорежущих сталей	63
Телешова Е.В. Переработка и использование дисперсных металлоотходов.....	66
Мацинов С.А., Пацовский Н.В., Курач Д.И. Исследование металлоотходов, образующихся в литейных цехах.....	69
Тураходжаева Ф.Н., Гиясов Ш.Б. Разработка и применение биологически активных веществ в качестве связующих для формовочных смесей.....	73
Нематов Бобурбек Получение литых деталей с помощью 3d технологий.....	76
Современные проблемы материаловедения и новые материалы	79
Муротов А.С. Выбор марки стали и режима термической обработки с помощью компьютерной программы.....	80
Чернявская Е.Г. Повышение долговечности деталей диффузионным титанированием.....	82
Гладинов А.Д. Расчет температур плавления резистивных сплавов систем Co-Cr-Si и Co-Cr-La-Si.....	85
Эргардт Е.В. Особенности отпускной хрупкости броневых сталей.....	88
Чернявская Е.С. Современные сплавы с эффектом памяти формы и их применение в машиностроении и медицине.....	90
Z.L. Alimbabaeva, B.Sh. Bektemirov Composite materials production technology for machining materials.....	92
Баранкевич Н.М. Атмосферостойкие стали.....	94
Баранкевич Н.М. Влияние содержания хлора на интенсивность процессов высокотемпературной газовой коррозии (ВТК) низкоуглеродистой стали.....	96
Белятко Д. А., Лешкевич М. Э. Устройство и методы производства углеродных нанотрубок.....	99
Верещак Н.А. Особенности структурообразования при термоциклировании в вакууме.....	102
Коротцов А.М. Исследование и анализ причин разрушения «Титаника» с точки зрения материаловедения	104
Орловский М. А. Материалы для упругих элементов в приборостроении.....	107
Алимбабаева З.Л., Пардаева Г. Т., Комилова Г. М., Аликулов А.Х. Термическая обработка не теплостойких инструментальных сталей.....	107
Савченя А. А. Исследование влияния варьирования технологических параметров при 3D-печати PLA пластиком на прочностные характеристики изделий.....	111
Игнатенко Р.В. Обзор современных сверхпроводниковых технологий и материалов в технике	113
Порошковые и композиционные материалы, покрытия и сварка	115
Карпенкин А.А., Миношин В.В., Труханович Д.В. Исследование вязкости составов цинксодержащих красок на основе дисперсного отхода горячего цинкования и физико-механических свойств покрытий.....	116
Рузметов Х.Н. Ёркинов О.Т., Тошназаров Г.Э. Ресурсосберегающая технология изготовления деталей машин.....	119
Мирзарахимова З., Пардаева Г.Т., Хабибуллаева И., Комилова Г.М. Электроконтактное нанесение покрытий из твердосплавных порошков на детали прокатных станов	122
Йулдошев М.Т. Классификационная схема компонентов, входящих в состав плавящихся сварочных флюсов для автоматической дуговой сварке.....	125
Саидахматов А. Анализ минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана для производства электродных покрытий наплавочных электродов	127

Усманов Д. Анализ минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана для производства плавящихся флюсов для автоматической дуговой сварки.....	130
Ермоленко А.А., Рудь Е.Е. Меднение печатных плат.....	133
Тошназаров Ғ. Э., Шукуров Ш.Т., Рузметов Х.Н. Комплексные сравнительные исследования параметров цельных металлических слоистых композиций для буровых инструментов.....	135
Абдурахмонов М.М. Исследование шлакообразующей основы покрытий электродов для износостойкой наплавки.....	139
Андаев Ф. К вопросу разработки математической модели формирования химического состава литого металла шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса	141
Охрана труда и промышленная безопасность	144
Голованов А.А. Особенности насосно-рукавных систем.....	145
Жихарев В.Л. Теплотехника в техносферной безопасности.....	148
Назина Э.С. Безопасность при эксплуатации теплопотребляющих установок и тепловых сетей потребителей.....	151
Пурель Д.А. Применение теплотехники в пожарной безопасности.....	154
Смешко Е.С. Применение знаний теплотехники в техносферной безопасности.....	157
Травкина В.В. Применение гидравлики в противопожарной безопасности.....	160
Чуенко А.И. Воздействие чрезвычайных ситуаций на гидросферу.....	163
Шурховецкая Е.Д. Оценивание тактико-технических возможности пожарных стволов.....	166
Сильванович В. Основные причины производственного травматизма.....	169
Миколаевич А.И., Шолоник М.В. Оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата с применением увлажнителя воздуха.....	172
Харитончик А.С. Новый подход к организации охраны труда в Республике Беларусь.....	174
Закревский Д.С. Сравнительный анализ СТБ 18001-2009 и СТБ ISO 45001-2020	176
Ламеко П.В., Кумище П.Г. Анализ профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь.....	178
Козлов С.В., Лисовский В.О., Дударенко А.М., Щербаков Д.Е. Комплексная оценка условий труда работающих в цехах алюминиевого литья.....	181
Анисовец Н.В., Асадчая В.А. Современные технические средства для защиты от шума.....	184
Шафаренко В.И. Обеспечение пожарной безопасности VR-парков (парков виртуальной реальности)	187
Склепович Е.В. Противопожарное водоснабжение.....	190
Федюкова М.С., Матыркин Д.А. Безопасность при обслуживании электрооборудования.....	193
Безуглов Н.С., Лаппо Я.В. Техника безопасности геодезиста при работе на стройплощадке.....	196
Григорчик Е.В., Кадемик М.Р. Безопасность труда при перемещении грузов.....	198